

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11168744 A**

(43) Date of publication of application: **22.06.99**

(51) Int. Cl.

H04N 9/07
G06F 17/17
H04N 5/335

(21) Application number: **09336176**

(22) Date of filing: **05.12.97**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor:
YAMADA EIJI
NOMURA MASAYUKI
NISHIDA KAZUTO

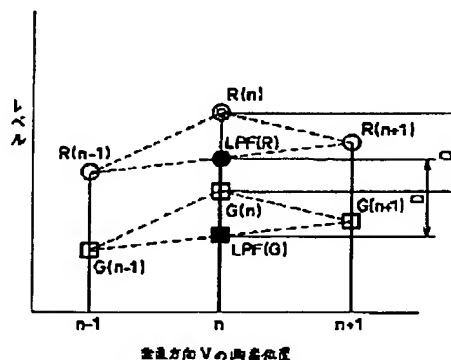
(54) **DATA INTERPOLATION PROCESSING METHOD
AND COLOR IMAGE-PICKUP DEVICE USING THE
SAME**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate a high resolution image, without color moires in the case of compositing two original images photographed by shifting an image by one pixel.

SOLUTION: Respective pixel data $R(n)$, corresponding to a second or a third color light not obtained from an image-pickup element are obtained by adding pixel data $G(n)$, corresponding to a first color light at the same position as that of the pixel data to values $LPF(R)$ resulting from low-pass processing to pixel data groups $R(n-1)$, $R(n+1)$ corresponding to the second or third color light which is arranged in one direction at the same position as the pixel data and subtracting values $LPF(G)$ resulting from low-pass filter processing to pixel data groups $G(n-1)$, $G(n+1)$ corresponding to a first color light arranged in a direction through the same position as that of the pixel data from the sum.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-168744

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 4 N 9/07

H 0 4 N 9/07

A

G 0 6 F 17/17

5/335

V

H 0 4 N 5/335

G 0 6 F 15/353

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平9-336176

(22) 出願日 平成9年(1997)12月5日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山田 栄二

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 野村 正幸

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 西田 一人

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

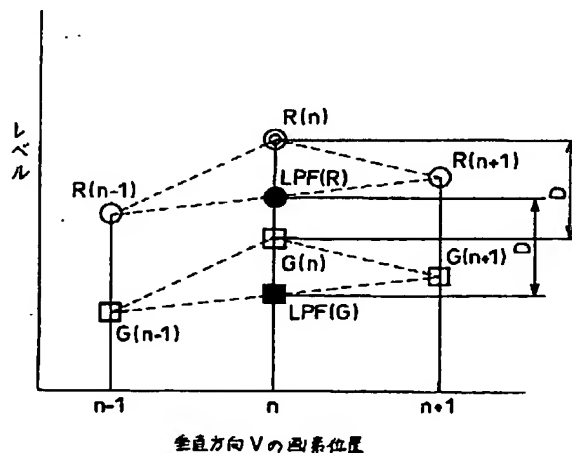
(74) 代理人 弁理士 原 謙三

(54) 【発明の名称】 データ補間処理方法及びそれを用いたカラー撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 1画素だけイメージシフトすることにより撮像された2枚の原画像を合成する際に、色モアレの無い高解像度画像を生成する。

【解決手段】 撮像素子からは得られなかった第2または第3色彩光に対応するそれぞれの画素データ $R(n)$ を、該画素データと同じ位置にある第1色彩光に対応する画素データ $G(n)$ と、該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第2または第3色彩光に対応する画素データ群 $R(n-1)$ 、 $R(n+1)$ をローパスフィルタ処理した値 $LPF(R)$ を加算し、さらに該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第1色彩光に対応する画素データ群 $G(n-1)$ 、 $G(n+1)$ をローパスフィルタ処理した値 $LPF(G)$ を引くことにより求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】それぞれ複数のデータ群からなり、局所的な領域にて相関のある第 1 および第 2 のデータ系列において、第 1 のデータ系列の欠落したデータを求める際、該欠落データと同じ位置にある第 2 のデータ系列のデータに、第 1 のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに第 2 のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求めることを特徴とするデータ補間処理方法。

【請求項 2】上記のローパスフィルタ処理が、第 1 のデータ系列の場合は求めるべきデータの位置に隣接する 2 つのデータの平均をとり、第 2 のデータ系列の場合は求めるべきデータと同じ位置に隣接する 2 つのデータの平均をとることを特徴とする請求項 1 に記載のデータ補間処理方法。

【請求項 3】上記の第 1 および第 2 のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された 2 種類の受光データ群であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のデータ補間処理方法。

【請求項 4】上記の第 1 および第 2 のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された 2 枚の画像を重ね合わせて得た、第 1 の色フィルタの受光データ群と、第 2 の色フィルタの受光データ群とであることを特徴とする請求項 3 に記載のデータ補間処理方法。

【請求項 5】複数のデータ群からなるデータ系列の欠落したデータを補間するデータ補間処理回路において、欠落データを有する第 1 のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第 1 のローパスフィルタ処理手段と、

上記の第 1 のデータ系列と局所的な領域において相関のある第 2 のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第 2 のローパスフィルタ処理手段と、第 1 のデータ系列における欠落したデータと同じ位置にある第 2 のデータ系列のデータに、第 1 のデータ系列のデータ群のローパスフィルタ処理した値を加算する加算手段と、

該加算手段の計算値から、第 2 のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を減算する減算手段とを備えたことを特徴とするデータ補間処理回路。

【請求項 6】上記の第 1 ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータの位置に隣接する 2 つのデータの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施し、上記の第 2 ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータと同じ位置に隣接する 2 つのデータの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施することを特徴とする請求項 5 に記載のデータ補間処理回路。

【請求項 7】上記の第 1 および第 2 のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された 2 種類の受光データ群であることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のデータ補間処理回路。

【請求項 8】上記の第 1 および第 2 のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された 2 枚の画像を重ね合わせて得た、第 1 の色フィルタの受光データ群と、第 2 の色フィルタの受光データ群とであることを特徴とする請求項 7 に記載のデータ補間処理回路。

【請求項 9】撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が 1 画素だけ異なる 2 枚の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら 2 枚の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー撮像装置において、上記画像合成処理回路に、上記請求項 8 に記載のデータ補間処理回路が備えられていることを特徴とするカラー撮像装置。

【請求項 10】イメージシフト動作により得られた複数の撮像画像を合成して 1 枚の合成画像とする画像合成処理方法において、まずは 1 枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積し、その後の 2 枚目以降は、画像を撮像するたびに、画像メモリに蓄積された画像と、撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び画像メモリに上書きして蓄積する工程を繰り返すことを特徴とする画像合成処理方法。

【請求項 11】イメージシフト動作により得られた複数の撮像画像を合成して 1 枚の合成画像とする画像合成処理回路において、

1 枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、

2 枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えていることを特徴とする画像合成処理回路。

【請求項 12】撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が異なる複数の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら複数の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー撮像装置において、

上記画像合成処理回路が、1 枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、

2 枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えていることを特徴とするカラー撮像装置。

【請求項 13】複数の色彩光にそれぞれ対応し、入射される被写体からの画像光のうちの対応する色彩光だけを個別的に通過させる複数の透光領域を有し、該透光領域が 2 次元平面上に配列された色フィルタであって、

透光領域は、第1～第3の色彩光を通過させる第1～第3透光領域に区分され、第1および第2透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線状に配列された第1群と、第1および第3透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線状に配列された第2群とが、一方方向と直交する他方方向に沿って第2周期で交互に、かつ、第1群の第1透光領域に第3透光領域が他方方向の両側に隣接するように配列された色フィルタと、

上記色フィルタの透光領域に個別的に対応した受光領域が、透光領域の配列と同等の配列で2次元平面上に配列され、各受光領域では対応した透光領域を通過した色彩光だけを受光し、各受光領域の受光量を示す画素データから構成される画像信号を出力する撮像素子と、上記撮像素子に入射される画像光の結像位置を、基準位置である第1移動位置と、第1移動位置から一方方向に第1周期の長さだけ相互にずれた第2移動位置に相対的に移動させる移動手段と、

上記撮像素子から出力された2つの画像信号を撮像時の結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて、撮像素子からは得られなかった第2または第3色彩光に対応する画素データを求めて合成画像信号を生成する画像合成手段と、

撮影が開始されると、移動手段によって画像光の結像位置を第1および第2移動位置のいずれか一方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与え、次いで移動手段によって結像位置をいずれか他方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与える制御手段とを備え、

かつ、上記画像合成手段が、撮像素子からは得られなかった第2または第3の色彩光に対応する画素データを、該画素データと同じ位置にある第1色彩光に対応する画素データに、該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第2または第3色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求めることを特徴とするカラー撮像装置。

【請求項14】第1回目に撮像された画像信号を蓄積し、第2回目の撮像に同期して蓄積した画像信号を出力し、出力した領域に画像合成手段から出力された合成画像信号を上書きして蓄積する画像メモリをさらに備えたことを特徴とする請求項13記載のカラー撮像装置。

【請求項15】上記画像合成手段が、第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データの位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施し、第2および第3色彩光に対応する画素データ群のローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データと同じ

位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施することを特徴とする請求項13又は14に記載のカラー撮像装置。

【請求項16】上記画像合成手段が、画像メモリから出力された画像信号と撮像素子から出力された画像信号とを重ね合わせた後に、3種類の色彩光に対応するそれぞれの画素データごとに、2回の撮像間の光量差に基づいて発生する空間周波数成分を取り除く、ローパスフィルタからなる光量差補正手段を有することを特徴とする請求項14に記載のカラー撮像装置。

【請求項17】上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる固定空間フィルタをさらに含むことを特徴とする請求項13又は14記載のカラー撮像装置。

【請求項18】上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる可変空間フィルタであって、撮像位置の移動が禁止されるときに空間周波数成分を第1の減衰量だけ減衰させ、許容されるときは画像光の光路から除去される可変空間フィルタをさらに含むことを特徴とする請求項13又は14記載のカラー撮像装置。

【請求項19】それぞれ複数のデータ群からなり、局所的な領域にて相関のある第1および第2のデータ系列において、第1のデータ系列の欠落したデータを求める際、該欠落データと同じ位置にある第2のデータ系列のデータに、第1のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求めるコンピュータプログラムを記録した記録媒体。

【請求項20】イメージシフト動作により得られた複数枚の撮像画像を合成して1枚の合成画像とする際に、まずは1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積し、その後の2枚目以降は、画像を撮像するたびに、画像メモリに蓄積された画像と、撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び画像メモリに上書きして蓄積する工程を繰り返すことで合成画像を作成するコンピュータプログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単一の撮像素子を用いて、カラー画像を得ることができるカラー撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】単一の撮像素子を用いてカラー画像を撮像する単板式のカラー撮像装置が、動画および静止画像の撮像に用いられているが、このような単板式のカラー撮像装置では、撮像素子の受光領域の数が少ないと、画像の解像度が低下するといった問題がある。

【0003】そこで従来より、画像の解像度を向上させるための技術が種々開発されており、本願出願人も、先に、特願平8-271169号において、以下に記載するようなカラー撮像装置を提案している。

【0004】該カラー撮像装置では、撮像素子の受光領域の入射側に予め定める3色の色光だけを通過させる色フィルタが設置されている。この色フィルタでは、3色のうちの何れか1つの色光を通過させる透光領域だけが市松状に配列されている。

【0005】図25に、撮像素子の光入射側に配される色フィルタの透光領域Lの配列を示す。色フィルタは、撮像素子の受光領域と同数の透光領域を有する。透光領域の配列は受光領域の配列と等価であり、水平方向Hおよび垂直方向Vに沿って、それぞれ周期PH、PVで、行列状に配列されている。図において、実線で囲まれた矩形領域が各透光領域Lを示す。また矩形領域内に描かれる記号「R」、「G」、「B」は、その透光領域を通過可能な色光の色が、赤、緑、青であることをそれぞれ示す。各色彩光の透光領域Lの色配列は、2点鎖線で囲む2行2列の4つの透光領域Lの配列を基本配列パターンとする周期的な配列である。

【0006】この撮像素子において、画像光に対する水平方向Hのサンプリング周波数fHは、水平方向Hの配列周期PHの逆数であり、同様に、垂直方向Vのサンプリング周波数fVは、垂直方向Vの配列周期PVの逆数である。サンプリング周波数fHは(1)式で、サンプリング周波数fVは(2)式で示される。

【0007】

【数1】

$$fH = \frac{1}{PH} \quad \dots (1)$$

$$fV = \frac{1}{PV} \quad \dots (2)$$

【0008】このカラー撮像装置は、通常モードと高解像度モードとの2つの撮影モードを有する。通常モードでは、1枚の原画像信号から生成される通常出力画像を得る。高解像度モードでは、イメージシフト動作を行い、2回分の撮像で得られた原画像を合成して、高解像度出力画像を得る。

【0009】高解像度モードにて実施されるイメージシフト動作では、撮像素子の空間サンプリング位置を、水平方向Hに画素ピッチの長さPHだけ変位させる。撮像素子に画像光が結像する結像位置は、変位する前の第1結像位置と変位した後の第2結像位置がある。

【0010】図26に、第1および第2結像位置の位置関係を示す。第1結像位置Q₁を基準にすると、第2結像位置Q₂は第1結像位置Q₁から水平方向Hにシフト長さPHだけ移動した位置である。

【0011】カラー撮像装置は、この第1結像位置Q₁および第2結像位置Q₂のそれぞれにおいて、撮像素子に結像した第1原画像および第2原画像を撮像する。撮像された2枚の原画像信号は、それぞれ画像メモリにストアされる。次いでこの2回分の撮像で得られた原画像を合成して、高解像度出力画像を生成する。

【0012】この合成画像信号は、原画像信号と比較して、基底帯域の大きさは変化しないが、赤および青色フィルタに対応する画素配列のイメージシフト方向に対応する配列周期が半分になる。これによって、原画像信号でイメージシフト方向に対応する空間周波数軸上に現われるモアレが合成画像信号ではすべて消滅する。したがって、光学的ローパスフィルタで画像光の周波数成分を制限する必要がなく、基底帯域の実質の幅が拡大する。

【0013】図27の空間周波数平面図に、通常モードの、原画像信号の輝度の基底帯域および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す。輝度の基底帯域を、図27では斜線を付して示す。また、輝度の基底帯域内において、色差信号のモアレのキャリア周波数の存在する位置を○印で表す。

【0014】また、図28の空間周波数平面図に、高解像度モードの、高解像度出力画像の基底帯域および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す。2回分の撮像で得られた原画像を合成することによって、色差信号のモアレのキャリア周波数のうち、水平空間周波数がfH/2または-fH/2であるモアレ、つまり、(fH/2, 0)、(fH/2, fV/2)、(-fH/2, 0)、(-fH/2, fV/2)の4箇所が消滅する。したがって、輝度の基底帯域内に存在する色差信号のモアレのキャリア周波数は、(0, fV/2)の1箇所のみとなる(図中、○印付記)。

【0015】また、上記のカラー撮像装置においては、撮影モードの切り替えに同期して、カラー撮像装置内に設けられた可変空間フィルタも切り替えられる。この可変空間フィルタは、複屈折板などによって構成されている。

【0016】可変空間フィルタは、通常モードにおいては、第1状態に切り替えられ、図27に示した基底帯域の境界線近傍の空間周波数成分を減衰させるように定められる。また、高解像度モードにおいては、第2状態に切り替えられ、空間周波数fV/2近傍の空間周波数成分を減衰させるように定められる。図28にて示せば、水平方向の空間周波数軸(水平軸)に平行で、(0, fV/2)を通る直線近傍の空間周波数成分を減衰させる。

【0017】このように、可変空間フィルタによって、画像に生じるモアレによる画質の劣化するのを防ぐことができる。

【0018】通常モードと高解像度モードの各出力画像信号を比較すると、基底帯域の形状や大きさは変化しな

い。しかしながら、高解像度モード時の高解像度出力画像は、水平空間周波数が $fH/2$ または $-fH/2$ (上述の4箇所) のモアレが消滅し、また可変空間フィルタによる $\pm fH/2$ 近傍の空間周波数成分の減衰も無いため、基底帯域の水平方向の実質の幅が拡大し、水平解像度が向上する。

【0019】一方、垂直方向の空間周波数軸上のモアレは、通常モードと高解像度モードともに存在し、可変空間フィルタによる $fV/2$ 近傍の空間周波数成分の減衰もあるため、基底帯域の垂直方向の実質の幅は変わらず、垂直解像度もほとんど変わらない。

【0020】つまり、上記のカラー撮像装置では、イメージシフト動作を行うことにより、水平解像度の向上を実現できる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、本願出願人が先に提案しているカラー撮像装置では、水平解像度の向上を図ることができたが、垂直解像度を向上させることはできない。また、可変空間フィルタを実現するための可変機構が設ける必要がある。この可変機構を設けるためには、部品点数が多いので、製造コストが増大し、小型化を阻害する。

【0022】また、通常モードと高解像度モードとを切り替え時には、可変機構を動作させて可変空間フィルタを切り替える必要があるため、切り替えるのに時間を要し、すばやく切り替えることができない。また、切り替えるごとに可変機構を動作させるため、耐久性にも問題がある。

【0023】また、通常モード時には1枚分の画像メモリの容量が必要であるのに対して高解像度モード時には、画像メモリに2枚の原画像信号をストアするだけの容量が必要であり、製造コストをさらに増大させる。

【0024】本発明の第1の目的は、今までにないデータ補間処理方法を採用することで、単板式のカラー撮像装置において、水平解像度だけでなく垂直解像度の向上を得ることができ、また、通常モードと高解像度モードとの2つの撮像モードを有する構成とした場合でも、可変空間フィルタを必要としないカラー撮像装置を提供することである。

【0025】また、第2の目的は、今までにないデータ補間方法を採用することで、単板式のカラー撮像装置において、水平解像度だけでなく垂直解像度の向上を得ることができ、かつ、通常モードと高解像度モードとの2つの撮像モードを有する構成とした場合、可変空間フィルタは必要であるものの、高解像度モードの画質が各段に向上したカラー撮像装置を提供することである。

【0026】そして、第3の目的は、イメージシフト動作を行うにもかかわらず、画像メモリも1枚の原画像信号分だけで良い構成として、安価で小型のカラー撮像装

置を提供することである。

【0027】

【課題を解決するための手段】 本発明の請求項1記載のデータ補間処理方法は、上記の課題を解決するために、それぞれ複数のデータ群からなり、局所的な領域にて相関のある第1および第2のデータ系列において、第1のデータ系列の欠落したデータを求める際、該欠落データと同じ位置にある第2のデータ系列のデータに、第1のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求めることを特徴としている。

【0028】また、本発明の請求項5記載のデータ補間処理回路は、上記の課題を解決するために、複数のデータ群からなるデータ系列の欠落したデータを補間するデータ補間処理回路において、欠落データを有する第1のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第1のローパスフィルタ処理手段と、上記の第1のデータ系列と局所的な領域において相関のある第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第2のローパスフィルタ処理手段と、第1のデータ系列における欠落したデータと同じ位置にある第2のデータ系列のデータに、第1のデータ系列のデータ群のローパスフィルタ処理した値を加算する加算手段と、該加算手段の計算値から、第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を減算する減算手段とを備えたことを特徴としている。

【0029】上記請求項1、5に記載した構成の欠落したデータの補間処理を、例えば、前述の従来技術の項で述べた、本願出願人が先に提案しているカラー撮像装置における、高解像度モード時の画像を合成する処理に供することで、図28の空間周波数平面図に○印を付した、基底帯域内に存在するキャリア周波数 ($0, fV/2$) の色差信号のモアレを消滅させることが可能となる。詳細については、以降の各請求項の説明と共に述べる。

【0030】本発明の請求項2記載のデータ補間処理方法は、請求項1記載の構成において、上記のローパスフィルタ処理が、第1のデータ系列の場合は求めるべきデータの位置に隣接する2つのデータの平均をとり、第2のデータ系列の場合は求めるべきデータと同じ位置に隣接する2つのデータの平均をとることを特徴としている。

【0031】本発明の請求項6記載のデータ補間処理回路は、請求項5記載の構成において、上記の第1ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータの位置に隣接する2つのデータの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施し、上記の第2ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータと同じ位置に隣接する2つのデータの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施する

ことを特徴としている。

【0032】上記請求項2、6に記載した構成では、求めるべきデータの位置、或いは該データと同じ位置に隣接する2つのデータの平均をとってローパスフィルタ処理を行うようになっている。上記ローパスフィルタ処理としては、隣接する4つのデータから計算する方法もあるが、このような方法に比べ、2つのデータの平均をとる方法の場合、計算に用いるデータ数が少ないので、処理速度が速く、回路規模が小さいといった利点がある。

【0033】本発明の請求項3記載のデータ補間処理方法は、請求項1又は2記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された2種類の受光データ群であることを特徴としている。

【0034】本発明の請求項7記載のデータ補間処理回路は、請求項5又は6記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された2種類の受光データ群であることを特徴としている。

【0035】上記請求項3、7に記載した構成によれば、請求項1、5におけるデータ補間処理方法、データ補間処理回路を、カラー撮像装置における異なる色フィルタ配列により受光された2種類の受光データ群を対象としたデータ補間に適用している。したがって、例えば2板式のカラー撮像装置に適用することで、隣接する3画素において、3画素とも受光データの存在する同一種類の画素データと、中間の位置には受光データが存在せず両端の画素位置には受光データが存在する別種類の画素データがあるデータ系列では、中間の位置の受光データを、色モアレの発生を抑圧して求めることができる。

【0036】本発明の請求項4記載のデータ補間処理方法は、請求項3記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された2枚の画像を重ね合わせて得た、第1の色フィルタの受光データ群と、第2の色フィルタの受光データ群とであることを特徴としている。

【0037】本発明の請求項8記載のデータ補間処理回路は、請求項7記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された2枚の画像を重ね合わせて得た、第1の色フィルタの受光データ群と、第2の色フィルタの受光データ群とであることを特徴としている。

【0038】上記請求項4、8に記載した構成によれば、請求項3、7におけるデータ補間処理方法、データ補間処理回路を、異なる結像位置において撮像された2枚の画像を重ね合わせて得た、第1の色フィルタの受光データ群と、第2の色フィルタの受光データ群とを対象としたデータ補間に適用している。したがって、例えば請求項9に記載のように、単板式のカラー撮像装置に適用することで、イメージシフト動作により得られた画像

を重ね合わせて合成画像とする際に、色モアレのない高解像度画像を生成することが可能となる。

【0039】本発明の請求項9記載のカラー撮像装置は、撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が1画素だけ異なる2枚の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら2枚の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー撮像装置において、上記画像合成処理回路に、上記請求項8に記載のデータ補間処理回路が備えられている構成である。

【0040】本発明の請求項10記載の画像合成処理方法は、イメージシフト動作により得られた複数枚の撮像画像を合成して1枚の合成画像とする画像合成処理方法において、まずは1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積し、その後の2枚目以降は、画像を撮像するたびに、画像メモリに蓄積された画像と、撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び画像メモリに上書きして蓄積する工程を繰り返すことを特徴としている。

【0041】本発明の請求項11記載の画像合成処理回路は、イメージシフト動作により得られた複数枚の撮像画像を合成して1枚の合成画像とする画像合成処理回路において、1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、2枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えていることを特徴としている。

【0042】上記請求項10、11に記載した構成によれば、画像を合成する際、画像メモリに蓄積された合成すべき1つの画像（以下、合成画像と区別して原画像と称する）を出力しながら、合成後の高解像度出力画像を上書きしていく。すなわち、出力されていく原画像の書き込み領域から、順次高解像度出力画像を上書きしていく。したがって、原画像をすべて出力し終える時点で、画像メモリには、高解像度出力画像の蓄積が完了することになるので、画像メモリの容量は、原画像もしくは高解像度出力画像の1枚分だけでよく、2枚分の容量を必要としない。

【0043】したがって、例えば請求項12の構成のように、このような画像合成処理回路を備えたカラー撮像装置では、画像メモリの容量が少なく済み、コスト削減が図れる。

【0044】本発明の請求項12記載のカラー撮像装置は、撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が異なる複数の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら複数の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー

撮像装置において、上記画像合成処理回路が、1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、2枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えている構成である。

【0045】本発明の請求項13記載のカラー撮像装置は、複数の色彩光にそれぞれ対応し、入射される被写体からの画像光のうちの対応する色彩光だけを個別に通過させる複数の透光領域を有し、該透光領域が2次元平面上に配列された色フィルタであって、透光領域は、第1～第3の色彩光を通過させる第1～第3透光領域に区分され、第1および第2透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線状に配列された第1群と、第1および第3透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線状に配列された第2群とが、一方方向と直交する他方向に沿って第2周期で交互に、かつ、第1群の第1透光領域に第3透光領域が他方向の両側に隣接するように配列された色フィルタと、上記色フィルタの透光領域に個別に対応した受光領域が、透光領域の配列と同等の配列で2次元平面上に配列され、各受光領域では対応した透光領域を通過した色彩光だけを受光し、各受光領域の受光量を示す画素データから構成される画像信号を出力する撮像素子と、上記撮像素子に入射される画像光の結像位置を、基準位置である第1移動位置と、第1移動位置から一方方向に第1周期の長さだけ相互にずれた第2移動位置に相対的に移動させる移動手段と、上記撮像素子から出力された2つの画像信号を撮像時の結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせ、撮像素子からは得られなかった第2または第3色彩光に対応する画素データを求めて合成画像信号を生成する画像合成手段と、撮像が開始されると、移動手段によって画像光の結像位置を第1および第2移動位置のいずれか一方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与え、次いで移動手段によって結像位置をいずれか他方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与える制御手段とを備え、かつ、上記画像合成手段が、撮像素子からは得られなかった第2または第3の色彩光に対応する画素データを、該画素データと同じ位置にある第1色彩光に対応する画素データに、該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第2または第3色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求めることを特徴としている。

【0046】本発明の請求項14記載のカラー撮像装置は、請求項13の構成において、第1回目に撮像された

画像信号を蓄積し、第2回目の撮像に同期して蓄積した画像信号を出力し、出力した領域に画像合成手段から出力された合成画像信号を上書きして蓄積する画像メモリをさらに備えたことを特徴としている。

【0047】本発明の請求項15記載のカラー撮像装置は、請求項13または14の構成において、上記画像合成手段が、第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データの位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施し、第2および第3色彩光に対応する画素データ群のローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データと同じ位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施することを特徴としている。

【0048】請求項13は、本発明の請求項1に記載したデータ補間処理方法を、画像合成手段の信号処理に適用したカラー撮像装置であり、該カラー撮像装置は、単板式のカラー撮像装置である。また、請求項14は、請求項2、5を、請求項15は請求項3、6を適用したカラー撮像装置である。

【0049】該カラー撮像装置に入射された被写体からの画像光は、上述の色フィルタを通過した後に撮像素子に入射される。ここで画像光は、色フィルタを通過することで、第1～第3色彩光に色分離される。色フィルタの第1～第3透光領域の配列は、いわゆるベイヤー配列と称される配列パターンである。

【0050】この色フィルタを通過した画像光は、撮像素子の結像面に結像される。上述した画像光は、透光領域の配列方向である一方および他方向に平行な空間軸上で連続的に輝度変化する。撮像素子は、空間軸に平行に配列される複数の受光領域でこの画像光の各色彩光成分を受光する。故に、画像光は連続的な画像光を受光領域単位で平滑化した画像となる。これは、輝度が連続して変化する画像光を受光領域単位でサンプリングしたことと等価である。前述の色フィルタと撮像素子とは一体的に形成されることが望ましい。

【0051】移動手段は、入射された画像光の結像面で受光位置を予め定める第1及び第2の位置に移動させるイメージシフト動作を実施するものである。撮像素子は、移動手段によって結像位置が移動される毎に、画像光を撮像して原画像信号を出力する。これによって、撮像素子は、結像位置の異なる2つの原画像信号を出力することとなる。

【0052】画像合成手段は、これら2つの原画像信号から、合成画像を表す合成画像信号を生成する。ここで、画像合成手段は、撮像素子からは得られなかった第2または第3の色彩光に対応する画素データを、該画素データと同じ位置にある第1色彩光に対応する画素データに、該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第2または第3色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに該画

素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第 1 色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求める。これにより、基底帯域内に存在するキャリア周波数 ($0, f_V/2$) の色差信号のモアレを消滅させることが可能となる。したがって、合成画像信号の基底帯域の水平方向の実質の幅が拡大すると共に、垂直方向の実質の幅が拡大する。

【0053】したがって、このような単板式のカラー撮像装置においては、水平解像度だけでなく垂直解像度の向上を得ることができる。

【0054】請求項 17 記載のカラー撮像装置は、請求項 13 又は 14 記載の構成において、上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる固定空間フィルタをさらに含む構成である。

【0055】この構成によれば、2つのモードを有し、一方モードでは 1 枚の原画像信号から生成された通常出力画像信号を出力し、他方モードでは 2 枚の原画像信号から合成画像信号を生成して出力する構成である。合成画像信号を生成する他方モードでは、モアレが発生しないので、このモアレを目立たなくするための光学的ローパスフィルタである空間フィルタを設ける必要がない。

【0056】したがって、空間フィルタは、原画像信号をそのまま出力する一方モードでのモアレを目立たなくするものでよく、また、一方モードに適合させた空間フィルタでよく、他方モードではその空間フィルタをそのまま適用することができ、可変機構を必要としない固定のものでよい。その結果、安価で小型のカラー撮像装置を実現できる。

【0057】請求項 18 記載のカラー撮像装置は、請求項 13 又は 14 記載の構成において、上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる可変空間フィルタであって、撮像位置の移動が禁止されるときは空間周波数成分を第 1 の減衰量だけ減衰させ、許容されるときは画像光の光路から除去される可変空間フィルタをさらに含む構成である。

【0058】請求項 17 に記載した構成のように、可変機構を必要としない固定空間フィルタの場合、安価で小型のカラー撮像装置を実現できるといった利点を有する。しかしながら、固定空間フィルタが配設されたままであると、合成画像信号を出力するモードで、固定空間フィルタによる空間周波数成分が低下するため、合成画像信号の高周波数成分のゲインが小さくなるといった不具合を生じる。そこで、合成画像信号を出力するモードでは、空間フィルタが光路から抜脱される可変空間フィルタの構成としている。これにより、合成画像信号を出力するモードでの画像がより高画質になる。

【0059】本発明の請求項 16 記載のカラー撮像装置は、請求項 14 の構成において、上記画像合成手段が、

画像メモリから出力された画像信号と撮像素子から出力された画像信号とを重ね合わせた後に、3種類の色彩光に対応するそれぞれの画素データごとに、2回の撮像間の光量差に基づいて発生する空間周波数成分を取り除く、ローパスフィルタからなる光量差補正手段を有することを特徴としている。

【0060】これによれば、光量差補正手段が、画像メモリから出力された画像信号と撮像素子から出力された画像信号とを重ね合わせた後に、3種類の色彩光に対応するそれぞれの画素データごとに、2回の撮像間の光量差に基づいて発生する空間周波数成分を取り除くようになっている。したがって、2枚の原画像間に光量差が生じる場合でも、1枚の画像メモリしかないカラー撮像装置においても、ローパスフィルタを施すことにより光量差を補正することができる。

【0061】

【発明の実施の形態】本発明に係る実施の形態を、図 1～図 24 に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0062】第 1 実施形態のカラー撮像装置は、いわゆる単板式のカラー撮像装置である。本カラー撮像装置は、通常モードと高解像度モードとの 2つの撮影モードを有している。通常モードでは、後述する撮像素子の受光領域の数と同数の画素から成る通常出力画像を得る。高解像度モードでは、後述するイメージシフト動作を行い、撮像素子の受光領域と同数の画素から成る高解像度出力画像を得る。高解像度出力画像信号は、撮像素子で撮像される 2つの原画像信号を合成して得られる。

【0063】まず、図 2 を基にして、本カラー撮像装置の構成を簡単に説明する。図 2 は、本カラー撮像装置の構成を示すブロック図である。被写体からの画像光 (図 2 では光軸 14 を記載) は、光学系 1 に含まれる複数枚のレンズからなるレンズ群にて結像された後、色フィルタ 15 を通過して、撮像素子 2 の結像面上に結像される。この撮像素子 2 の結像面には、複数の受光領域が後述する予め定める配列で並べられている。

【0064】上記光学系 1 には、上述のレンズ群の他にイメージシフト機構、および空間フィルタも含まれている。イメージシフト機構 (移動手段) は、詳細には後述するが、屈折板を有しており、通常モード選択時、撮像素子 2 の結像面上の画像光の結像位置を第 1 結像位置に固定させる。一方、イメージシフト機構は、高解像度モード選択時、予め定める時間毎に、結像面上の画像光の結像位置を第 1 および第 2 結像位置にそれぞれシフト移動させる。以後、このシフト移動させる動作をイメージシフト動作と称する。空間フィルタは、いわゆる光学的ローパスフィルタであり、画像光の空間周波数成分を制限するためのものである。空間フィルタの詳細な説明も後述する。

【0065】上記撮像素子 2 は、いわゆる全面素読み出し型の撮像素子であり、その結像面には、図 3 に示すよ

うに、複数の受光領域PDが、水平方向Hおよび該水平方向Hと直交する垂直方向Vに沿って、予め定める配列周期PH、PVの間隔で2次元行列的に並べられている。

【0066】この撮像素子2において、画像光に対する水平方向Hのサンプリング周波数fHは、水平方向Hの配列周期PHの逆数であり、同様に垂直方向Vのサンプリング周波数fVは、垂直方向Vの配列周期PVの逆数である。サンプリング周波数fHは(3)式で、サンプリング周波数fVは(4)式で示される。

【0067】

【数2】

$$fH = \frac{1}{PH} \quad \dots (3)$$

$$fV = \frac{1}{PV} \quad \dots (4)$$

【0068】なお、これ以後、水平方向Hに沿って直線上に並べられる1群の構成要素を「行」と称し、垂直方向Vに沿って直線上に並べられる1群の構成要素を「列」と称する。

【0069】また、上記撮像素子2は、予め定める露光時間だけ、各受光領域PDに画像光の色彩光を受光させることによって、画像光を撮像する。露光時間が経過すると、予め定める時間毎に、各受光領域PDからの受光データを第1または第2原画像信号として、後述する前処理回路3に導出する。

【0070】上記第1および第2原画像信号は、それぞれ画像光が、前述した第1結像位置と第2結像位置とに結像されたときに、画像光を撮像して得られる画像信号である。各画像信号は、各受光領域PDでの色彩光の受光量に対応する受光データからそれぞれ構成され、撮像素子2から出力された段階では、各受光データは受光量に対応するレベルのアナログ信号である。

【0071】図4に、2つの撮像位置である第1結像位置と第2結像位置との関係を示す。第1結像位置Qaを基準にすると、第2結像位置Qbは第1結像位置Qaから水平方向Hにシフト長さPHだけ移動した位置となる。つまり、光学系1のイメージシフト機構は、撮像素子2の空間サンプリング位置を、水平方向Hに画素ピッチの長さPHだけ変位させるようになっている。

【0072】色フィルタ15は、撮像素子2の光入射側に配置され、例えば撮像素子2と一体的に形成される。色フィルタ15は、図5に示すように、撮像素子2の各受光領域PDに個別に対応して予め定める色彩光だけを通過させる透光領域Lを受光領域と同数だけ有している。透光領域Lは、受光領域PDの配列と等しい配列で、2次元平面上に並べられている。つまり、色フィルタ15を通過することで、撮像素子2の各受光領域PD

には、予め定める色彩光だけが入射することになる。

【0073】ここで予め定める色彩光は「赤」「緑」「青」の3色で、図5において透光領域LにおけるRが

赤色光透過フィルタ（以下、Rフィルタ）、Gが緑色光透過フィルタ（以下、Gフィルタ）、Bが青色光透過フィルタ（以下、Bフィルタ）である。また、Rフィルタと同じ行のGフィルタをG1フィルタ、Bフィルタと同じ行上のGフィルタをG2として、区別して称するものとする。各色彩光の透光領域Lの色配列は、2点鎖線で囲む2行2列の4つの透光領域Lの配列を基本配列パターンとする周期的な配列である。一般に、このような色フィルタ15の配列は、ベイヤー配列と呼ばれている。

【0074】再び図2に戻り、図2に示す前処理回路3は、撮像素子2から出力された各原画像信号を増幅した後、該信号に例えばホワイトバランス補正およびガンマ補正等の予め定める処理を施す。前処理回路3において処理された原画像信号は、A/D変換回路4でデジタル信号に変換された後、信号処理回路6、合成処理回路12、スイッチ13にそれぞれ導出される。

【0075】信号処理回路6は、通常モードにおいて動作し、単一の原画像信号から、通常出力画像の通常出力画像信号を生成する。合成処理回路12は、高解像度モードにおいて動作し、高解像度出力画像の高解像度出力画像信号を生成する。これら信号処理回路6および合成処理回路12の処理の詳細はそれぞれ後述する。

【0076】スイッチ13は、3入力1出力の選択スイッチであり、後述するように、同期信号発生回路9からの同期信号により、3入力のうちの何れかを選択して出力する。

【0077】前述した通常モードおよび高解像度モードは、例えば装置本体に備えられる操作ボタンをカラー撮像装置の使用者が操作することによって選択される。モード切り替え回路11は、使用者の選択に応じて、選択されたモードに対応する出力を、同期信号発生回路9に与えるものである。

【0078】同期信号発生回路9は、通常モードが選択されたとき、単一の原画像信号の撮像動作に対応する同期信号を発生させる一方、高解像度モードが選択されたとき、2つの原画像信号の撮像動作に対応する同期信号を発生させる。そして、発生された同期信号は、駆動回路8、メモリ制御回路10、ならびに前述のスイッチ13に与えられる。

【0079】同期信号発生回路9より、単一の原画像信号の撮像動作に対応する同期信号が発生すると、スイッチ13は、信号処理回路6からの出力を選択する。また、駆動回路8は、まず、光学系1のイメージシフト機構を前述の第1結像位置に固定し、次いで、同期信号にตอบสนองし、撮像素子2の各受光領域PDから受光データを前処理回路3に出力させる。同時に、メモリ制御回路10は、同期信号にตอบสนองし、前処理回路3、A/D変換回

10

20

30

40

50

路 4、信号処理回路 6、スイッチ 1 3 を介した受光データを単一の通常出力画像信号毎に、画像メモリ 5 にストアさせる。

【0080】一方、同期信号発生回路 9 より、2 つの原画像信号の撮像動作に対応する同期信号が発生すると、駆動回路 8 は、光学系 1 内のイメージシフト機構を用いてイメージシフト動作を行う。これによって、撮像素子 2 では、各受光領域が受光する色彩光が、被写体の像の中で移動前の色彩光とずれる。

【0081】高解像度モードによる撮像動作は、まず、光学系 1 のイメージシフト機構を第 1 結像位置に固定する。次いで、第 1 同期信号に応答し、撮像素子 2 の各受光領域 PD から受光データを前処理回路 3 に出力させる。スイッチ 1 3 は、同期信号に応じて、A/D 変換回路 4 からの信号を選択する。受光データは、前処理回路 3 により、ホワイトバランス処理、ガンマ補正などの処理を施された後、A/D 変換回路 4 およびスイッチ 1 3 を介して、画像メモリ 5 に導出される。画像メモリ 5 は、受光データを第 1 原画像信号としてストアする。

【0082】次いで、同期信号発生回路 9 からの第 2 同期信号に応じて、駆動回路 8 は、光学系 1 内のイメージシフト機構を駆動して、イメージシフト機構を予め定める第 2 結像位置に固定する。また、スイッチ 1 3 は、合成処理回路 1 2 からの信号を選択する。また、画像メモリ 5 は、先程ストアした第 1 原画像信号を出力する。この第 1 原画像信号は、合成処理回路 1 2 に導出される。同期信号に応じて、撮像素子 2 の各受光領域 PD から受光データは、前処理回路 3、A/D 変換回路 4 に導出される。この受光データは、第 2 原画像信号として合成処理回路（画像合成手段）1 2 に導出される。

【0083】合成処理回路 1 2 は、画像メモリ 5 から第 1 原画像信号を入力し、A/D 変換回路 4 から第 2 原画像信号を入力する。これら 2 枚の原画像信号を合成処理し、高解像度である高解像度出力画像を生成し、画像メモリ 5 へ再びストアする。

【0084】ここで、画像メモリ 5 は、ストアされた第 1 原画像信号を出力しながら、高解像度出力画像を入力している。すなわち、出力されていく第 1 原画像信号の領域から、順次高解像度出力画像を上書きしていく。したがって、第 1 原画像信号をすべて出力し終える時点で、画像メモリ 5 には、高解像度出力画像のストアが完了することになる。このような画像メモリ 5 のストア方法により、画像メモリ 5 の容量は、原画像信号もしくは高解像度出力画像の 1 枚分だけでよく、2 枚分の容量を必要としない。

【0085】画像メモリ 5 にストアされた通常出力画像信号、高解像度出力画像信号は何れも、最終的に、記録媒体 7 にストアされる。

【0086】なお、本発明の移動手段は、後述するイメージシフト機構と駆動回路 8 にて構成され、移動判定手

段は、上記したモード切り替え回路 1 1、メモリ制御回路 1 0、同期信号発生回路 9、駆動回路 8 にて構成される。また、本発明の画像合成処理回路は、合成処理回路 1 2 と、スイッチ 1 3、メモリ制御回路 1 0 から構成される。また、図 2 では特には図示していないが、各部を制御する制御手段としての CPU 等からなる制御系が備えられている。

【0087】次に、図 6 ないし図 1 3 を用いて、光学系 1 に含まれる前述したイメージシフト機構、および固定光学フィルタについて詳細に説明する。

【0088】図 6 に、光学系 1 におけるレンズ群 2 1、イメージシフト機構 2 2 の屈折板 2 3、および撮像素子 2 の位置関係を示す。レンズ群 2 1 は、複数枚のレンズにより構成され、各収差を補正しつつ、光学系 1 に入射される画像光を撮像素子 2 の結像面上において結像させる。イメージシフト機構 2 2 は、屈折板 2 3 を有し、レンズ群 2 1 と撮像素子 2 との間に介在される。レンズ群 2 1 を通過後の画像光の光軸 1 4 は、屈折板 2 3 を通り、色フィルタ 1 5 を通過して、撮像素子 2 の結像面に至る。以降、この画像光の光軸 1 4 と平行な方向を Z と称する。空間フィルタは、これらの構成要素であるレンズ群 2 1 と撮像素子 2 の間の任意の位置に設置される。

【0089】図 7 に、イメージシフト機構 2 2 の具体的構成を示す。イメージシフト機構 2 2 に含まれる屈折板 2 3 は、透光性を有する矩形の板状部材であり、透光性を有するガラス部材等で形成される。例えば BK 7 のような光学ガラスを材料として用いる。屈折板 2 3 は、イナーシャを小さくするために、できるだけ軽量とすることが望ましい。

【0090】屈折板 2 3 の水平方向 H の両側方には、一対の圧電素子 3 1、3 2 が配置される。これら圧電素子 3 1、3 2 は、いわゆるバイモルフ型の圧電素子であり、短冊状の 3 枚の電極の間に圧電セラミックが介在される構造を有する。この圧電素子 3 1、3 2 の長手方向は、イメージシフト動作のシフト方向と平行な水平方向 H に平行である。

【0091】各圧電素子 3 1、3 2 は片持梁構造であり、長手方向の両端部のうち、図面を記す紙面で手前側の一方端を固定端、奥側の他方端を自由端とする。圧電素子 3 1、3 2 の各電極からは、圧電素子 3 1、3 2 の固定端側から導線 3 8、3 9 がそれぞれ引き出される。この導線 3 8、3 9 は、駆動回路 8 に接続される。

【0092】圧電素子 3 1、3 2 の自由端側の部分は、上保持板 3 3 および下保持板 3 4 に挟持される。上保持板 3 3 および下保持板 3 4 は、例えば合成樹脂である軽量の材料によって形成される。上および下保持板 3 3、3 4 は、概略的に短冊状の部材であって、長手方向の両側に肉厚部分が形成され、水平方向 H から見て概略的に「コ」の字状の形状を有する。

【0093】上および下保持板 3 3、3 4 は、その長手

方向が垂直方向Vと平行となるように設置され、かつその肉厚部同士を対向させて一対の圧電素子31、32を挟持し、同時にその中間部に屈折板23を挟持して、サンドイッチ接合構造を形成する。各構成要素間の接合には、エポキシ系樹脂のフィルム状接着剤などが用いられる。これによって、屈折板23は、圧電素子31、32の自由端側の部分に、上および下保持板33、34は、屈折板23の中心を含む仮想的なHV平面を対象面とする上下対称の構造を有する。圧電素子31、32が片持梁として動作するとき、その自由端側部分は、他の構成部材に動きを拘束されることなく自由に変位することができる。

【0094】また、各圧電素子31、32の固定端側の部分は、ステージ35に接合されて固定される。ステージ35は、図示しないカラー撮像装置の筐体の所定位置に固定される。この圧電素子31、32の固定方法は、これに限らず、例えば固定端側の部分をステージ35およびステージ35とほぼ同形状の別部材によって挟持し、これら部材をビスで固定することで固定してもよい。この筐体内部には、被写体からの画像光の全光束が屈折板23を通過するように、前述の光学系1が配置される。

【0095】さらに、この筐体内部には、圧電素子31、32の光軸方向の位置を検出するための位置センサ36、37が配置される。位置センサ36、37は、例えば反射型のフォトインタラプタで実現される。位置センサ36、37は、鏡面加工が施された下保持板34からの反射光を受光して下保持板の変位を検出し、その変位量から圧電素子36、37の変位を推測する。位置センサ36、37の検出結果は、駆動回路8に与えられる。

【0096】このような構造を有するイメージシフト機構22は、屈折板23の中心を通り、垂直方向Vに平行に伸びる仮想基準軸線を備える構造の機構と同等に動く。このイメージシフト機構22は、従来のイメージシフト機構と比較して、装置全体の大きさが小さい。

【0097】このイメージシフト機構22でイメージシフト動作を行うとき、該機構22は、画像光を結像させるべき結像位置に応じて仮想基準軸線を中心として屈折板23を角変位させることによって、屈折板23と入射側の画像光の光軸14aとの成す角度を変化させる。第1および第2結像位置を結像させるときのイメージシフト機構22が取るべき状態を、それぞれ第1および第2状態とする。第1および第2状態は、駆動回路8からの信号の有無によって切り替えられる。

【0098】第1状態では、駆動回路8は、圧電素子31、32に信号を与えない。このとき圧電素子31、32はHV平面に対して平行な状態を保つので、屈折板23の入射面と入射側の光軸14aとが直交する。第1結像位置は、この状態の屈折板23を通過した後の画像光

の光軸14bと、撮像素子2の結像面との交点である。

【0099】第2状態では、駆動回路8は、導線38、39を介して、圧電素子31、32の圧電セラミックを挟持する各電極に、あらかじめ定める信号を与える。これによって、2対の電極間に予め定める電圧が印加されるので、固定端の部分を中心として、支点から自由端までが連続的に歪み、自由端の端部を光学軸方向Zに変位させる。屈折板23は、この自由端の変位に応じて、仮想基準軸線を回転中心として角変位する。これによって、屈折板23の入射面は、入射側の光軸14aに対して予め定める傾斜角度だけ傾く。

【0100】このとき、位置センサ36、37は下保持板の変位から圧電素子31、32の変位を検出して、駆動回路8に与える。駆動回路8は、位置センサ36、37の検出結果と予め定める目標値とを比較して、その誤差量を検出する。駆動回路8は、この誤差量がゼロになるように、圧電素子31、32の電極に与える信号の電圧を微調整して、屈折板23の傾斜角度を微調整する。

【0101】屈折板23通過後の画像光の光軸は、入射側の光軸14aの延長線から、屈折板23の傾斜角度に対応したシフト長さだけ、仮想基準軸線に直交する方向に平行移動する。これによって、イメージシフト機構22が第2状態にあるとき、屈折板23通過後の画像光の光軸は、水平方向Hに沿って予め定めるシフト長さだけ平行移動する。第2結像位置は、この平行移動後の光軸と撮像素子2の結像面の交点である。したがって、第2結像位置は、第1結像位置から見て、光軸のシフト方向と同じシフト長さだけずれる。このような動作によって、画像光の結像位置がシフト移動する。

【0102】なお、図7に示したイメージシフト機構22は、圧電素子により屈折板23を駆動した構成であるが、駆動素子はこれに限られるものではなく、ソレノイド、ボイスコイルモータ、あるいはプランジャなどの駆動素子を用いて、屈折板23を駆動してもよい。また、イメージシフト機構22に代わって、可変頂角プリズムによってイメージシフト動作を行ってもよい。この可変頂角プリズムは、例えば『ITEJ Technical Report Vol. 17, No. 5, pp. 15~20, CE'93-3 (Jan, 1993)』に開示されている。

【0103】また、イメージシフト機構22に代わって、光学系1内のいずれか1つまたは複数のレンズを移動することによって、イメージシフト動作を行ってもよい。この際に、移動量を検出しながら圧電素子などの構成部材を用いて変位させる。また、イメージシフト機構22に代わって、撮像素子2または撮像素子2と光学系1とを含むブロックを、画像光の光軸を固定した状態での撮像素子2または該ブロックの移動によって、イメージシフト動作を行ってもよい。この際に、移動量を検出しながら圧電素子などの構成部材を用いて変位させる。

【0104】このように、イメージシフト動作のための機構は、上述の第1および第2結像位置に結像位置を移動できるものであれば、上述の機構に限らずどのような構造の機構を用いてもよい。

【0105】図8に、空間フィルタの具体的構成を説明する。図8に示す空間フィルタ40は、複屈折板41、1/4波長板42、複屈折板43が、画像光の光軸14上に、入射側からこの順で配列されて形成されている。複屈折板41、1/4波長板42、複屈折板43は、入射側の画像光の光軸14と直交する入射面および射出面をそれぞれ有する。

【0106】以後、水平方向H、垂直方向V、および光軸方向Zの各単位ベクトルを、ベクトル*i*、*j*、*k*と表す。また、ベクトル*i*、*j*に平行でかつベクトル*k*と直交する平面を、HV平面とする。このHV平面は、複屈折板41、1/4波長板42、複屈折板43の入射面および射出面と平行である。

【0107】上記の複屈折板41、43は、例えば水晶板で実現される。図9(a)(b)は、空間フィルタ40の複屈折板41、43の各分離ベクトルV41、V43をHV平面に投影した状態を示す図である。また、複屈折板41、43の各分離ベクトルV41、V43の大きさ、すなわち分離長さは、複屈折板41、43の光軸方向Zの厚さに比例して定められる。ゆえに、複屈折板41、43の厚さは、それぞれ後述する分離長さが生じるように設定される。分離ベクトルV41、V43は、前述した単位ベクトル*i*、*j*、*k*によって、(5)式(6)式でそれぞれ規定される。

【0108】

【数3】

$$\vec{V41} = \frac{1}{2} PH \cdot \vec{i} + \frac{1}{2} PV \cdot \vec{j} \quad \dots (5)$$

$$\vec{V43} = \frac{1}{2} PH \cdot \vec{i} - \frac{1}{2} PV \cdot \vec{j} \quad \dots (6)$$

【0109】上式から、複屈折板41、43の各分離ベクトルV41、V43の向きは、それぞれ反時計まわりに見て、水平方向Hと成す向き角 θ_{41} 、 θ_{43} はそれぞれ、(7)式(8)式の通りである。

【0110】

【数4】

$$\theta_{41} = \tan^{-1} \frac{PV}{PH} \quad \dots (7)$$

$$\theta_{43} = \tan^{-1} - \frac{PV}{PH} \quad \dots (8)$$

【0111】また、複屈折板41、43の分離長さは、どちらも以下の通りである。

【0112】

【数5】

$$\frac{\sqrt{PH^2 + PV^2}}{2}$$

【0113】また、 $\theta_{41} = -\theta_{43} = \pi/4$ rad (ラジアン) の時、つまりPH=PVの時に、空間フィルタは、図10に示す構成としてもよい。図10に示す空間フィルタ60は、3枚の複屈折板61~63が、画像光の光軸14上に、入射側からこの順で配列されて形成される。複屈折板61~63は、入射側の画像光の光軸14と直交する入射面および射出面をそれぞれ有する。複屈折板61~63は、例えば水晶板で実現される。

【0114】図11(a)~(c)は、空間フィルタ60の複屈折板61~63の各分離ベクトルV61~V63をHV平面に投影した状態を示す図である。また、複屈折板61~63の各分離ベクトルV61~V63の大きさ、すなわち分離長さは、複屈折板61~63各々の光軸方向Zの厚さに比例して定められる。ゆえに、各複屈折板61~63の厚さは、それぞれ後述する分離長さが生じるように設定される。各分離ベクトルV61~V63は、前述した単位ベクトル*i*、*j*、*k*によって、(9)式(10)式(11)式で規定される。

【0115】

【数6】

$$\vec{V61} = -\frac{1}{2} P \cdot \vec{i} \quad \dots (9)$$

$$\vec{V62} = \frac{1}{2} P \cdot \vec{j} \quad \dots (10)$$

$$\vec{V63} = \frac{1}{2} P \cdot \vec{i} - \frac{1}{2} P \cdot \vec{j} \quad \dots (11)$$

【0116】ここで、P=PH=PVである。上式から、複屈折板61~63の各分離ベクトルV61~V63の向きは、それぞれ反時計まわりに見て、水平方向Hと180度、90度、315度を成す向きであることが分かる。また、複屈折板61~63の分離長さは、順に以下の通りである。

【0117】

【数7】

$$P/2$$

$$P/2$$

$$\frac{P}{\sqrt{2}}$$

【0118】図8の空間フィルタ40を通過した画像光も、PH=PVの場合に適用できる図10の空間フィルタ60を通過した画像光も、図12に示すように、4本

の光線に分離する。

【0119】ここで図13に、空間フィルタ40の空間周波数特性を示す。なお、以下に示す総ての空間周波数平面は、第1象限および第2象限だけを示すものとする。これは、第3象限および第4象限は、第1象限および第2象限と共役関係にあるため、空間周波数特性を示すのはこの2つの象限だけで十分であるからである。

【0120】空間フィルタ40は、図13の破線、すなわち $(f_H, 0)$ と $(0, f_V)$ を結ぶ破線、および $(-f_H, 0)$ と $(0, f_V)$ を結ぶ破線上の空間周波数成分をトラップする。また、空間フィルタ60は、空間フィルタ40において、 $\theta_{41} = -\theta_{43} = \pi/4 \text{ rad}$ とした場合と等しい空間周波数特性を持つ。

【0121】本カラー撮像装置においては、空間フィルタ40（或いは空間フィルタ60）は、可変機構をもたず固定されており、通常モードにおいても、高解像度モードにおいても、同じ空間周波数特性を画像光に施すものとなっている。

【0122】次に、図14ないし図19を用いて、信号処理回路6の通常モード時の処理について説明する。信号処理回路6は、前述したように、単一の原画像信号から輝度信号および色差信号を求めるものである。

【0123】図14の空間周波数平面図に、輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す。輝度の基底帯域121を、図14では斜線を付して示す。輝度の基底帯域121の範囲は、 $(f_H/2, f_V/2)$ 、 $(-f_H/2, f_V/2)$ 、 $(f_H/2, 0)$ 、 $(-f_H/2, 0)$ の4点を頂点とする矩形領域である。

【0124】上述の基底帯域121内において、色差信号のモアレのキャリア周波数の存在する位置は、 $(f_H/2, f_V/2)$ 、 $(-f_H/2, f_V/2)$ 、 $(f_H/2, 0)$ 、 $(-f_H/2, 0)$ 、 $(0, f_V/2)$ の5箇所である。図14では、これらの位置に○印を付して示す。

【0125】上述した空間フィルタ40（或いは空間フィルタ60）によりトラップされる空間周波数成分を破線で示す。上述の5箇所の色差信号のモアレのうち、先の2箇所、つまり、 $(f_H/2, f_V/2)$ 、 $(-f_H/2, f_V/2)$ は、空間フィルタ40（或いは空間フィルタ60）によって減衰されるので、視覚的に目立たなくなる。

【0126】これに対し、後の3箇所は、水平方向または垂直方向の空間周波数軸上にあり、視覚的に目立つモアレである。上記の信号処理回路6は、この3箇所のモアレを信号処理にて抑圧するものである。

【0127】図15のブロック図に、信号処理回路6の構成を示す。信号処理回路6において、A/D変換回

$$R(2, 3) = \frac{1}{4} \{ R(1, 2) + R(1, 4) + R(3, 2) + R(3, 4) \} \quad \cdots (12)$$

【0134】これは、画素(2, 3)に隣接する周囲4 50 個の画素(1, 2), (1, 4), (3, 2), (3,

路4（図2参照）から出力された原画像信号は、端子145から入力され、該原画像信号を基に、輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y, B-Yを生成し、端子146, 147, 148からそれぞれ出力する。通常出力画像信号は、輝度信号Yと、2種類の色差信号R-Y, B-Yから構成され、この輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y, B-Yが、通常出力画像信号として、画像メモリ5（図2参照）にストアされる。

【0128】輝度信号Yは、高域輝度信号YHおよび低域輝度信号YLを加算器144により加算することにより得られる。輝度信号Yの生成についての詳細は、後述するが、高域輝度信号YHは、端子145から入力された原画像信号をバンドパスフィルタ（図中では、BPFと略称する）131に通過させることにより取り出される。

【0129】スイッチ133は、端子145から入力された原画像信号を、Rフィルタ、Gフィルタ、Bフィルタごとに分離し、さらに、GフィルタをG1フィルタとG2フィルタとに分離する。つまり、スイッチ133は、原画像信号を、R, G1, G2, Bフィルタごとに分離して、Rフィルタを通過したRフィルタ信号、G1フィルタを通過したG1フィルタ信号、G2フィルタを通過したG2フィルタ信号、Bフィルタを通過したBフィルタ信号をそれぞれ出力し、補間フィルタ134, 135, 136, 137に導出する。

【0130】補間フィルタ134~137は、R, G1, G2, Bフィルタ信号を補間して同期化する。ここでは、Rフィルタ信号を補間して同期化する補間フィルタ134について説明する。

【0131】図16に、色フィルタ15の透光領域Lの配列のうち、6行4列で構成される一部分を示す。Rフィルタは、画素(1, 2), (1, 4), (3, 2), (3, 4), (5, 2), (5, 4)の6箇所には、R(1, 2), (1, 4), (3, 2), (3, 4), (5, 2), (5, 4)の受光データが得られている。ここでR(n, m)は、第n行第m列の画素(n, m)に対応するRフィルタの受光データを表す。上記6箇所以外の画素には、Rフィルタの受光データは欠けている。

【0132】補間フィルタ134は、欠けている画素におけるRフィルタの受光データを、隣接するRフィルタの受光データから補間して求める。例えば、画素(2, 3)のRフィルタの補間データR(2, 3)は、(12)式に基づいて求められる。

【0133】

【数8】

4)の受光データR(1, 2), (1, 4), (3, 2), (3, 4)を用いて補間する方法であり、線形補間法である。この他、例えば、周囲16個の画素の受光データを用いて補間する方法であるキュービックコンボリューション補間法等、どのような方法を用いてもよい。

【0135】線形補間法により処理される場合の補間フィルタ134は、(13)式で定義されるローパスフィルタf1を用いて表すことができる。

【0136】

【数9】

$$R'(n, m) = \sum_{p=1}^3 \sum_{q=1}^3 R(n+p-2, m+q-2) \cdot f1(p, q) \dots (14)$$

【0139】ここで、R(n, m)は、補間前のRフィルタ信号の第n行第m列の受光データを表す。また、R'(n, m)は、補間後のRフィルタ信号の第n行第m列の受光データを表す。

【0140】図16に示したように、6箇所以外の画素には、Rフィルタの受光データが無い。式(14)に基づく計算の際には、この受光データの無い画素には、ゼロを与えておく。実際は、スイッチ133(図15参照)が、このゼロを出力している。つまり、スイッチ133は、端子145から入力された受光データを、その受光データが属している色フィルタの種類に対応する補

$$YL = 0.30R' + 0.59(\alpha \cdot G1' + \beta \cdot G2') + 0.11B' \dots (15)$$

【0143】但し、(15)式において、 $\alpha + \beta = 1$ である。つまり、低域輝度信号YLは、(16)式で示す理想的な混合比率によって生成している。

$$R' : G' : B' = 0.30 : 0.59 : 0.11 \dots (16)$$

【0145】生成された低域輝度信号YLは、加算器144に導出される。

【0146】一方、同期化されたR', G1', G2', B'フィルタ信号は、加算器138, 139, 140, 141へ導出される。加算器138は、R'フィルタ信号およびG1'フィルタ信号を入力し、その差を求める計算をすることによって、R' - G1'信号を生成する。同様に、加算器139は、G2'フィルタ信号およびB'フィルタ信号からB' - G2'信号を、加算器140は、R'フィルタ信号およびG2'フィルタ信号からR' - G2'信号を、加算器141は、G1'フ

$$R-G = E_1(R'-G1', R'-G2') \cdot (R'-G1') +$$

$$E_2(R'-G1', R'-G2') \cdot (R'-G2') \dots (17)$$

$$B-G = E_1(B'-G2', B'-G1') \cdot (B'-G2') +$$

$$E_2(B'-G2', B'-G1') \cdot (B'-G1') \dots (18)$$

$$f1 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \dots (13)$$

【0137】このローパスフィルタf1は、3行3列の行列として表される2次元ローパスフィルタである。第p行第q列の要素をf1(p, q)として表すと、この2次元ローパスフィルタf1により、補間は、(14)式で計算できる。

【0138】

【数10】

間フィルタへ出力し、同時にそれ以外の3種類の色フィルタの種類に対応する補間フィルタにはゼロを出力している。この切り替えは、1画素ごとに行われている。

【0141】このようにして補間して同期化されたR', G1', G2', B'フィルタ信号は、図15に示す低域輝度信号生成回路132に導出される。低域輝度信号生成回路132は、(15)式の計算を行い、低域輝度信号YLを生成する。

【0142】

【数11】

【0144】

【数12】

号を、それぞれ計算する。

【0147】生成されたR' - G1', R' - G2', B' - G1', B' - G2'信号は、色モアレ抑圧処理回路142に導出される。

【0148】色モアレ抑圧処理回路142は、R' - G1'信号とR' - G2'信号とから色差信号R - Gを計算し、また、B' - G1'信号とB' - G2'信号とから色差信号B - Gを計算する。すなわち、(17)式(18)式に基づいて計算する。

【0149】

【数13】

【0150】ここで、 $E_1(x, y)$ 、 $E_2(x, y)$ は評価関数である。例えば、(17)式の場合は、評価関数 E_1 と E_2 の値で定まる比率により、 $R'-G1'$ 信号と $R'-G2'$ 信号とを混合することにより、色差信号 $R-G$ を計算する。評価関数 E_1 が大きければ $R'-G1'$ 信号の割合が増えることになり、評価関数 E_2 が大きければ $R'-G2'$ 信号の割合が増えることとなる。この割合を画素ごとに適用的に変えることにより、上述の色差信号のモアレを抑圧することができる。

【0151】上記の評価関数 E_1 、 E_2 を具体的に言えば、評価関数 E_1 は、第1引数 x の絶対値と、第2引数 y の絶対値とを比較して、第1引数 x の絶対値が相対的に小さい程、大きな値を返す。また、評価関数 E_2 は、第1引数 x の絶対値と、第2引数 y の絶対値とを比較して、第2引数 y の絶対値が相対的に小さい程、大きな値を返す。

$$\begin{pmatrix} R-Y \\ B-Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.70 & -0.11 \\ -0.30 & 0.89 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R-G \\ B-G \end{pmatrix} \quad \dots (19)$$

【0155】ここで、空間周波数成分 $(0, fV/2)$ により構成される白黒の被写体が撮像されるとする。この被写体は、周期 $2PV$ の横縞であり、このような被写体に対しては $R=G1$ 、 $B=G2$ となるため、 $R-G1$ 、 $B-G2$ はいずれもゼロになる。ゆえに、(17)式および(18)式に基づいて計算される色差信号 $R-G$ 、 $B-G$ はゼロとなり、結局、(19)式により、色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ もそれぞれゼロとなる。このことは、図14に示した空間周波数 $(0, fV/2)$ の位置にある色差信号のモアレが消滅することを意味している。

【0156】また、空間周波数成分 $(\pm fH/2, 0)$ により構成される白黒の被写体が撮像されるとする。この被写体は、周期 $2PH$ の縦縞であり、このような被写体に対しては $R=G2$ 、 $B=G1$ となるため、 $R-G2$ 、 $B-G1$ はいずれもゼロになる。ゆえに、(17)式および(18)式に基づいて計算される色差信号 $R-G$ 、 $B-G$ はゼロとなり、結局、(19)式により、色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ もそれぞれゼロとなる。このことは、図14に示した空間周波数 $(\pm fH/2, 0)$ の位置にある色差信号のモアレが消滅することを意味している。

【0157】このように、水平方向 H または垂直方向 V の空間周波数軸上にあり、視覚的に目立つ3箇所モアレを信号処理により抑圧することができる。なお、このような方法ならびに回路構成は既に知られており、例えば特開平6-339145号公報に開示されている。

【0158】続いて、輝度信号 Y を得る原理について詳しく説明する。輝度信号 Y は、前述したように、高域輝度信号 YH と低域輝度信号 YL とを加算することにより得る。

【0152】すなわち、(17)式は、 $R'-G1'$ 信号と $R'-G2'$ 信号の絶対値の小さい方の信号を優先的に選択しながら、他方すなわち絶対値の大きい方の信号も考慮して、色差信号 $R-G$ を生成している。また、(17)式と同様にして(18)式は色差信号 $B-G$ を計算している。なお、このような、原理を利用した方法であれば、色モアレ抑圧処理回路142は上述の方法に限ったものではない。

【0153】このようにして生成された色差信号 $R-G$ 、 $B-G$ は、色差マトリックス回路143へそれぞれ導出される。色差マトリックス回路143では、(19)式に基づいて2種類の色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ が生成される。

【0154】

【数14】

【0159】低域輝度信号 YL は、前述の(16)式に示した理想的な混合比率であるが、補間フィルタ134、135、136、137を施しているため、高周波数成分のゲインが低く、解像度が低い。そこで、輝度信号 Y の低域は理想的な混合比率を持つ低域輝度信号 YL を用い、輝度信号 Y の高域は高解像度である高域輝度信号 YH を用いる。なお、高域輝度信号 YH は、(16)式に示した理想的な混合比率ではない。

【0160】高域輝度信号 YH は以下のように生成する。無着色(白黒)被写体を撮像する場合では、異なる色フィルタの各受光データは何れもほぼ等しくなる。つまり、 $R=G1=G2=B$ となる。したがって、図5に示した色フィルタ15のように配列されている受光データをそのまま輝度信号 Y として用いても良い。さらに、この受光データは、補間処理されていないため、高解像度となっている。

【0161】しかしながら、着色(カラー)被写体を撮像する場合では、異なる色フィルタの受光データ間にレベル差が生じる。例えば緑色の被写体を撮像する場合では、 R および B のレベルは、 $G1$ および $G2$ に比べて低くなるので、市松模様の輝度信号 Y となってしまう。つまり、輝度信号に偽信号(輝度モアレ)が発生する。

【0162】ベイヤー配列の色フィルタは、図5に示した2点鎖線で囲む2行2列の4つの透光領域の配列を基本配列パターンとする周期的な配列であるので、水平方向 H に2画素周期、垂直方向 V に2画素周期に配列されている。したがって、この輝度モアレの空間周波数は、輝度信号の基底帯域の境界線に位置することになる。

【0163】したがって、この輝度モアレを除去するために、原画像信号から、輝度信号の基底帯域の境界線の周波数成分を除去するローパスフィルタを施す必要があ

る。また、輝度信号Yにおいて上述の理想的な混合比率によって生成された低域輝度信号YLを使うため、原画像信号から、低域輝度信号YLに相当する周波数帯域を除去するハイパスフィルタを施す必要がある。つまり、結局は、原画像信号から、低域成分と、基底帯域付近の高域成分とを除くことになるので、バンドパスフィルタ131を施すことになる。

【0164】図17に、バンドパスフィルタ131の空間周波数特性を示す。図17において、バンドパスフィルタ131は、通過帯域を横縞領域とし、制限帯域を縦縞領域として表わしている。さらに、破線部分のゲインをゼロとしている。

【0165】2次元フィルタであるバンドパスフィルタ131において、水平方向のフィルタ特性の模式図は、図18の白塗り領域のようになる。このフィルタ特性の模式図は、図17において水平軸上の周波数特性を表している。また、2次元フィルタであるバンドパスフィルタ131において、垂直方向のフィルタ特性の模式図は、図19の白塗り領域のようになる。このフィルタ特性の模式図は、図17において垂直軸上の周波数特性を表している。

【0166】一方、折り返し周波数付近の高周波数成分は、補完されることはなく、カラー撮像装置が出力する画像信号の輝度信号Yには、この折り返し周波数付近の高周波数成分は失われたままである。特に、図18においては水平方向の空間周波数 $f_H/2$ の成分はゼロである。これを画像として目視すると、水平方向に2PH周期の縦縞、つまり水平方向に白列と黒列が交互に並んだ縦縞であり、このカラー撮像装置では再現できないことを意味している。実際の自然画像では、縦方向のエッジがぼやけることが生じ、画質を損なうという問題点になっている。

【0167】また、図19においては垂直方向の空間周波数 $f_V/2$ の成分はゼロである。これを画像として目視すると、垂直方向に2PV周期の横縞、つまり垂直方向に白行と黒行が交互に並んだ横縞であり、このカラー撮像装置では再現できないことを意味している。実際の自然画像では、横方向のエッジがぼやけることが生じ、画質を損なうという問題点になっている。

【0168】次に、図1、図20ないし図24を用いて、合成処理回路12の高解像度モード時の処理について説明する。合成処理回路12は、前述したように、2つの原画像信号から輝度信号および色差信号を求めるものである。

【0169】イメージシフト動作を行い撮像された2枚の原画像間の空間的位置関係は、水平方向にシフト長さPHだけずれている。すなわち、水平方向に1画素だけずれている。例えば、第1原画像においてRフィルタの受光データがある画素位置は、第2原画像のG1色フィルタの受光データがある画素位置である。また、第1原

画像においてBフィルタの受光データがある画素位置は、第2原画像のG2色フィルタの受光データがある画素位置である。このように、2枚の原画像信号を重ね合わせた画像を考えると、各画素位置には異なる2種類の受光データが得られていることになる。

【0170】図20は、2枚の原画像信号を重ね合わせた画像の等価的な色フィルタ配列パターンを示す図である。図20では、GとRとの対応画素には符号「Fa」を記し、GとBとの対応画素には符号「Fb」を記す。

【0171】このことから、この重ね合わせた画像の画素数および配列は、原画像の画素数および配列と等しく、その水平方向Hおよび垂直方向Vの配列周期は、それぞれ周期PH、PVである。

【0172】また、全画素がGの対応画素である。Gの対応画素だけの各配列の水平方向Hおよび垂直方向Vの配列周期は、図20からそれぞれ周期PH、PVとわかる。RおよびBの対応画素だけの各配列の水平方向Hおよび垂直方向Vの配列周期は、図20からそれぞれ周期PH、2PVとわかる。

【0173】このことから、水平方向H、垂直方向Vのサンプリング周波数は、Gに関して空間周波数 f_H 、 f_V であり、RおよびBに関して空間周波数 f_H 、 $f_V/2$ とみなされる。

【0174】図21の空間周波数平面図に、図20に示した2枚の原画像信号を重ね合わせた画像の等価的な色フィルタ配列の輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す。輝度の基底帯域191を、図21では斜線を付して示す。輝度の基底帯域191の範囲は、 $(f_H/2, f_V/2)$ 、 $(-f_H/2, f_V/2)$ 、 $(f_H/2, 0)$ 、 $(-f_H/2, 0)$ を頂点とする矩形領域である。

【0175】上述の基底帯域191内において、色差信号のモアレのキャリア周波数の存在する位置は $(0, f_V/2)$ の1箇所である。図21では、この位置を○印で表す。また、上述した空間フィルタ40によりトラップされる空間周波数成分を破線で示す。

【0176】このような高解像度モードにおける高解像度出力画像信号の輝度の基底帯域191の範囲は、通常出力画像の基底帯域121の範囲と等しい。また、色差信号のモアレのキャリア周波数は、 $(0, f_V/2)$ の位置だけに現れ、通常出力画像に関して存在していた $(f_H/2, f_V/2)$ 、 $(-f_H/2, f_V/2)$ 、 $(f_H/2, 0)$ 、 $(-f_H/2, 0)$ の4箇所が消滅している。ゆえに、高解像度出力画像は、通常出力画像と比較して、水平方向Hの解像度を向上させることができる。

【0177】図22のブロック図に、合成処理回路12の構成を示す。合成処理回路12には、A/D変換回路4（図2参照）から出力された第2原画像信号が端子200から入力され、端子201から画像メモリ5（図2

10

20

30

40

50

参照)から出力された第1原画像信号が入力される。

【0178】合成処理回路12は、入力された第1および第2原画像信号から、輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y、B-Yを生成し、端子202、203、204からそれぞれ出力する。高解像度出力画像信号は、輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y、B-Yから構成され、この輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y、B-Yは、高解像度出力画像信号として画像メモリ5にストアされる。

【0179】スイッチ205は、入力された第1および第2原画像信号から、Rフィルタ、Gフィルタ、Bフィルタごとの信号に分離し、R、B、Gフィルタ信号として出力する。ここで、Gフィルタ信号は、全画素に対応する受光データが存在する。これに対し、R、Bフィルタ信号は、1行置きごとに対応する受光データが存在し、かつ、受光データの存在する行と存在しない行が互いにずれている。

【0180】したがって、R、Bフィルタ信号は、1行置きごとにしか対応する受光データが存在しないため

$$Y = 0.30R'' + 0.59G + 0.11B'' \quad \cdots (20)$$

【0184】輝度信号Yは、(21)式で示す理想的な混合比率によって生成している。

$$R'' : G : B'' = 0.30 : 0.59 : 0.11 \quad \cdots (21)$$

【0186】生成された輝度信号Yは、端子202に接続されている。この輝度信号生成回路207は、図15に示した信号処理回路6における低域輝度信号生成回路132と構成や作用が同じであり、同時に動作することはないので、回路を共通化して、1つにすることもできる。

【0187】一方、色差信号生成回路208は、入力されたR''、G、B''フィルタ信号から、2種類の色差信号R-G、B-Gを生成して、色差マトリックス回路209へ導出する。色差信号R-GはR''フィルタ信号とGフィルタ信号との差分であり、色差信号B-GはB''フィルタ信号とGフィルタ信号との差分である。

【0188】色差マトリックス回路209は、前述の(19)式に基づいて、色差信号R-Y、B-Yを計算する。色差マトリックス回路209は、図15に示した信号処理回路6における色差マトリックス回路143と構成や作用が同じであり、同時に動作することはないので、回路を共通化して、1つにすることもできる。

【0189】ここで、上記の垂直色モアレ抑圧処理回路206に実施される処理の原理について、詳細に説明する。垂直色モアレ抑圧処理回路206は、図21に示した色差信号のモアレのキャリア周波数(0, fV/2)を消滅させるためのものである。

【0190】図23(a)～(c)は、空間周波数成分(0, fV/2)をもつ画像を撮像した際に発生する色差信号のモアレを消去できることを示す模式図である。

に、図21に示した色差信号のモアレのキャリア周波数が(0, fV/2)に発生している。

【0181】R、G、Bフィルタ信号は、垂直色モアレ抑圧処理回路206に入力される。垂直色モアレ抑圧処理回路206は、Gフィルタ信号を参照してR、Bフィルタ信号を補間することにより、全画素に対応する画素データが存在するR''、B''フィルタ信号を出力する。詳細には後述するが、ここで垂直色モアレ抑圧処理回路206は、Gフィルタ信号と、Rフィルタ信号またはBフィルタ信号との間に、局所的な領域で相関があることを利用している。

【0182】このようにして生成された全画素に対応する画素データが存在するR''、G、B''フィルタ信号は、輝度信号生成回路207と色差信号生成回路208とにそれぞれ入力される。輝度信号生成回路207は、(20)式の計算を行い、輝度信号Yを生成する。

【0183】

【数15】

【0185】

【数16】

$$\cdots (21)$$

【0191】図23(a)の右側には、空間周波数成分(0, fV/2)をもつ画像、つまり周期PVの白黒の横縞を表わしており、図23(a)の左側には、各透光領域L上に受光された受光データを示している。受光データを縦軸に、垂直方向Vの画素位置を横軸に示している。

【0192】イメージシフト動作により2枚の原画像信号を重ね合わせた画像を考えると、各画素位置には異なる2種類の受光データが得られていることになる。すべての受光データが得られた時のR、G、Bフィルタ信号から生成した高解像度出力画像を仮に考えると、色差信号のモアレのキャリア周波数(0, fV/2)はもちろん消滅する。したがって、このようなR、G、B色フィルタ信号を、各画素位置に異なる2種類の受光データが存在する2枚の原画像信号を重ね合わせた画像から、計算することができればよいことになる。

【0193】ここでもし、受光データの無い画素位置のRフィルタ信号またはBフィルタ信号を直線補間により計算した場合は、図23(b)のように、白黒の横縞であった画像は、右側に示す青シアン色の横縞となり、着色してしまう。つまり、色差信号に空間周波数(0, fV/2)の色モアレが発生したことになる。(22)式(23)式に、直線補間の式を示す。

【0194】

【数17】

33

$$R(n) = \frac{R(n-1) + R(n+1)}{2} \quad \dots (22)$$

$$B(n) = \frac{B(n-1) + B(n+1)}{2} \quad \dots (23)$$

【0195】ここで、 $R(n)$ または $B(n)$ は、求めるべき受光データの存在しない画素位置である第 n 行の R フィルタ信号または第 n 行の B フィルタ信号を表す。

【0196】これに対し、本カラー撮像装置の垂直色モアレ抑圧処理回路206は、(24)式(25)式に基づいて、受光データの無い画素位置の色フィルタ信号 R または色フィルタ信号 B を計算しているため、図23(c)のように、補間後の画像も白黒の横縞で、色差信号に空間周波数 $(0, fV/2)$ の色モアレは発生していない。

【0197】

【数18】

$$R(n) = G(n) + LPF(R) - LPF(G) \quad \dots (24)$$

$$B(n) = G(n) + LPF(B) - LPF(G) \quad \dots (25)$$

$$R(n) = G(n) + \frac{R(n-1) + R(n+1)}{2} - \frac{G(n-1) + G(n+1)}{2} \quad \dots (26)$$

$$B(n) = G(n) + \frac{B(n-1) + B(n+1)}{2} - \frac{G(n-1) + G(n+1)}{2} \quad \dots (27)$$

【0201】図1は、(26)式に基づく R フィルタ信号の垂直色モアレ抑圧処理を示した模式図である。図1中、□は G フィルタ信号、○は R フィルタ信号を表す。また、◎は求めるべき受光データの存在しない画素位置の R フィルタ信号を表す。また、■は G フィルタ信号をローパスフィルタ処理した値、●は R フィルタ信号をローパスフィルタ処理した値である。そして、図中Dにて示す量が、 R フィルタ信号と G フィルタ信号のオフセット分であり、 $R(n)$ と同じ画素位置にある $G(n)$ に加算される値である。

【0202】これは、 R フィルタ信号の受光データと G フィルタ信号の受光データとの間には、局所的な領域で相関があることを利用して、□の G フィルタ信号の波形を、○の R フィルタ信号の波形に近似して、◎の $R(n)$ を計算している。

【0203】即ち、上記の(24)式は、 G フィルタ信号の変化が、 R フィルタ信号の変化とに相関があることを利用していると考えことができ、同様に、上記の(25)式は、 G フィルタ信号の変化が、 B フィルタ信号の変化とに相関があることを利用していると考えることができる。

【0204】特に、無着色領域つまり、 G フィルタ信号のレベルと、 R フィルタ信号のレベルとが等しい領域で

34

【0198】ここでも、 $R(n)$ または $B(n)$ は、求めるべき受光データの存在しない画素位置である第 n 行の R フィルタ信号または第 n 行の B フィルタ信号を表す。したがって、 $R(n-1)$ 、 $R(n)$ 、 $R(n+1)$ は、垂直方向 V にこの順で隣接する3画素である。同様に、 $B(n-1)$ 、 $B(n)$ 、 $B(n+1)$ は、垂直方向 V にこの順で隣接する3画素である。また、 $LPF(R)$ は、 R フィルタ信号にローパスフィルタを施すことを表し、 $LPF(B)$ は、 B フィルタ信号にローパスフィルタを施すことを表し、 $LPF(G)$ は、 G フィルタ信号にローパスフィルタを施すことを表す。

【0199】例えば、(24)式に関して、 $LPF(R) - LPF(G)$ は、第 n 行付近の局所的な領域において R フィルタ信号と G フィルタ信号のオフセット分を計算している。このオフセット分を G フィルタ信号 $G(n)$ と加算することにより、 R フィルタ信号 $R(n)$ を計算している。この LPF を2画素の平均とする場合は、(26)式(27)式となる。

【0200】

【数19】

は、 G フィルタ信号の変化と、 R フィルタ信号の変化は局所的には等しいと考えられるので、完全に正確な R フィルタ信号を補間することができる。すなわち、無着色領域では、色差信号のモアレのキャリア周波数 $(0, fV/2)$ を完全に消滅することができる。

【0205】一方、着色領域つまり、 G フィルタ信号のレベルと、 R フィルタ信号のレベルが異なる領域では、 G フィルタ信号の変化と、 R フィルタ信号の変化は異なると考えられるので、完全に正確な R フィルタ信号を補間することができない。例えば、赤色に着色しているような領域では、 R フィルタ信号の変化に対して、 G フィルタ信号の変化は小さい。つまり、(24)式における $G(n) - LPF(G)$ は小さい。したがって、この変化分を $LPF(R)$ に加算しても、 R フィルタ信号の変化分を完全に補正することができず、補正不足になり、着色領域では、色差信号のモアレのキャリア周波数 $(0, fV/2)$ を小さくすることはできるが、完全に消滅することができない。

【0206】しかしながら、無着色領域に色モアレによる偽色が発生している場合は、視覚的に目立つが、着色領域に色モアレが発生している場合は視覚的に比較的目的立たないため、無着色領域に色モアレ抑圧処理効果の高い本方式でも、十分な画質改善効果がある。このこと

は、Bフィルタ信号の補間においても同様である。

【0207】また、(24)式または(25)式におけるLPFは、(26)式または(27)式で示した2画素の平均による計算に限定されるものでなく、どのようなローパスフィルタ処理でもよい。例えば、LPFを隣

接4画素から計算する場合は、(28)式(29)式となる。

【0208】

【数20】

$$R(n) = G(n) + \frac{R(n-3) + 3R(n-1) + 3R(n+1) + R(n+3)}{8} - \frac{G(n-3) + 3G(n-1) + 3G(n+1) + G(n+3)}{8} \quad \dots (28)$$

$$B(n) = G(n) + \frac{B(n-3) + 3B(n-1) + 3B(n+1) + B(n+3)}{8} - \frac{G(n-3) + 3G(n-1) + 3G(n+1) + G(n+3)}{8} \quad \dots (29)$$

【0209】但し、2画素の平均を用いた場合も、4画素から計算する場合も補間処理の正確性には殆ど差異がないので、2画素の平均による計算を作用することで、必要とするデータ数が少なくすみ、処理速度が速く、回路規模が小さいといった利点がある。

【0210】ところで、このような色モアレを抑圧する処理としては、既に提案されている方法がある。例えば『CCM方式補間処理による単板カラーカメラの色モアレ抑圧処理、1990年テレビジョン学会年次大会(ITEC'90)、2-10、pp. 33-34』に示されている方法がある。

【0211】この文献による方法は、例えば(24)式に対応する処理は、(30)式のようになる。

【0212】

【数21】

$$R(n) = G(n) \cdot \frac{LPF(R)}{LPF(G)} \quad \dots (30)$$

【0213】このLPFを2画素の平均とする場合は、(31)式のようになる。

【0214】

【数22】

$$R(n) = G(n) \cdot \frac{R(n-1) + R(n+1)}{G(n-1) + G(n+1)} \quad \dots (31)$$

30

【0215】この従来の方法でも、色差信号のモアレのキャリア周波数(0, fV/2)を消滅することができる。

【0216】しかしながら、この従来の方法では、(30)式の分母LPF(G)の値が小さくなるような画像領域では、LPF(R)/LPF(G)の比が局所的な領域内でも大きく変動する。また、(30)式の分母LPF(G)の値が小さい領域では、撮像素子やA/D変換回路により発生するノイズの影響により、同様にLPF(R)/LPF(G)の比が大きく変動する。特にLPF(G)がゼロ近くになれば(30)式は発散してしまう。

【0217】例えば、LPF(G)が2でありG(n)が1であるような場合には、R(n)は、LPF(R)の半分の値になる。Gフィルタ信号はわずか2-1=1だけのわずかな変化しかしないにもかかわらず、Rフィルタ信号は、第n行の値が周囲の平均の半分となり、急激な変化が画像に現れてしまい、周囲の画素に比べてその画素は特異な色になる。この現象は、LPF(G)が小さい領域、つまりGフィルタ信号の小さい領域で現われ

る。

【0218】つまり、この現象は、画像が赤色、青色、またはマゼンタ色の近似色で顕著であり、実際に一般的な画像でも多く存在する。したがって、従来技術による方法では、撮像画像内に鑑賞に耐え難い異常色が発生してしまい、実用に耐え難いと言える。

【0219】これに対し、本実施例で示した色モアレ抑圧処理は、Gフィルタ信号の値が小さい領域でも、適切に計算することができる。

【0220】また、この色モアレ抑圧処理は、色フィルタ15のようなベイヤー配列の合成処理に限定されるものではなく、どのような種類のカラーフィルタ配列を用いたカラー撮像装置、2板式のカラー撮像装置などにも適応することができる。

【0221】つまり、図1のように、隣接する3画素において、3画素とも受光データの存在する同一種類の画素データ(ここではGフィルタ信号)と、中間の位置には受光データが存在せず両端の画素位置には受光データが存在する別種類の画素データ(ここではRフィルタ信号)があるデータ系列では、中間の位置の受光データ

50

を、モアレの発生を抑圧して求めることができる。

【0222】ここで、図24のブロック図を用いて、合成処理回路12のさらに詳しい構成を説明する。図24の合成処理回路12では、垂直色モアレ抑圧処理を(26)式および(27)式に基づいて処理している。なお、輝度信号生成回路207および色差マトリックス回路209は、図22と同じであるので、説明を省略する。

【0223】端子200からA/D変換回路4から出力された第2原画像信号が入力され、端子201から画像メモリから出力された第1原画像信号が入力される。合成処理回路12は、入力された第1および第2原画像信号から、輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y、B-Yを生成し、端子202、203、204からそれぞれ出力する。高解像度出力画像信号は、輝度信号および2種類の色差信号から構成され、この輝度信号Yおよび2種類の色差信号R-Y、B-Yは、高解像度出力画像信号として画像メモリ5(図2参照)にストアされる。

【0224】端子200から入力された第2原画像信号は、水平ディレイライン231、232を順に通過することにより、垂直方向Vに隣接する3行を同期化して、信号S2(+), S2, S2(-)を出力する。同様に、端子201から入力された第1原画像信号は、水平ディレイライン233、234を順に通過することにより、垂直方向Vに隣接する3行を同期化して、信号S1(+), S1, S1(-)を出力する。これらの信号S2(-), S2, S2(+), S1(-), S1, S1(+)はスイッチ235に入力される。

【0225】スイッチ235は、入力された6信号を1画面ごとに切り替えてR, G, Bフィルタ信号ごとに分離する。Gは現在処理中の画素位置のGフィルタ信号、G(-)は現在処理中の画素位置より1行前のGフィルタ信号、G(+)は現在処理中の画素位置より1行後のGフィルタ信号、Qは、現在処理中の行中に存在するRまたはBフィルタ信号のどちらか一方である。

【0226】もし、現在処理中の行が図20に関して奇数行つまりFaの存在する行であるならば、QはRフィルタ信号となる。また、現在処理中の行がFbの存在する行であるならば、QはBフィルタ信号となる。P(-)は現在処理中の画素位置より1行前のRまたはBフィルタ信号のどちらか他方のフィルタ信号、P(+)は現在処理中の画素位置より1行後のRまたはBフィルタ信号のどちらか他方のフィルタ信号である。つまり、QがRフィルタ信号であるならば、P(+)およびP(-)はBフィルタ信号である。また、QがBフィルタ信号であるならば、P(+)およびP(-)はRフィルタ信号である。

【0227】G(-)およびG(+)は、加算器236にて加算された後、1/2除算器238により1/2にされる。なお、1/2除算器238は、ビットシフト回路により簡単に実現できる。加算器240にてGからこの1

／2にされた信号を減算した後に、加算器241に入力される。

【0228】一方、P(-)およびP(+)は加算器237にて加算された後、1/2除算器239により1/2にされる。1/2にされた信号は加算器241に入力される。この加算器241の出力は、垂直色モアレ抑圧処理された現在処理中の画素位置に対応して補間されたPである。このPおよびQは、スイッチ242に入力される。

【0229】PおよびQは、1行置きにR"およびB"フィルタ信号が切り替わっている。そこで、スイッチ242は、1行置きにスイッチを切り替えている。スイッチ242から出力されたR", B"フィルタ信号、およびスイッチ235から出力されたGフィルタ信号は、輝度信号生成回路207に導出される。

【0230】また、加算器243、244によって、R"フィルタ信号とGフィルタ信号の差分R"-Gを計算して色差信号R-Gを生成し、B"フィルタ信号とGフィルタ信号の差分B"-Gを計算して色差信号B-Gを生成している。生成された色差信号R-G, B-G信号は、色差マトリックス回路209へ導出される。

【0231】また、一般に色差信号の高周波数成分が無くとも視覚的に目立たないので、色差マトリックス回路209の入力前の色差信号R-G, B-Gに、ローパスフィルタを施して、色差信号R-G, B-Gを間引いてもよい。あるいは、色差マトリックス回路209の出力後の色差信号R-Y, B-Yに、ローパスフィルタを施して、色差信号R-Y, B-Yを間引いてもよい。間引くことで、高解像度出力画像のデータ量を削減することができる。

【0232】このようにして構成される合成処理回路12の場合、輝度信号Yまたは色差信号R-Y, B-Yには、ローパスフィルタなどのフィルタリング処理が無いため、信号処理回路6のように、図17における破線部分のゲインがゼロにならない。したがって、このような合成処理回路12を備えた本カラー撮像装置では、高解像度出力画像信号が、折り返し周波数付近の高周波数成分を失わないので、通常出力画像では再現できなかった水平方向Hに2PH周期の縦縞、つまり水平方向Hに白列と黒列が交互に並んだ縦縞も、劣化なしに再現することができる。また、通常出力画像では再現できなかった垂直方向Vに2PV周期の横縞、つまり垂直方向に白行と黒行が交互に並んだ横縞も再現することができる。

【0233】また、配設されている空間フィルタ40(或いは空間フィルタ60)によるfV/2近傍の空間周波数成分の減衰も無いため、垂直解像度が高い。実際の自然画像では、エッジがぼやけることなくシャープさを保ち、高解像度画像を撮像することができる。

【0234】また、通常モードにおいては、輝度信号の高域成分である高域輝度信号YHを、原画像信号をバン

ドパスフィルタ 1 3 1 (図 1 5 参照) に通過させることにより得ているが、このバンドパスフィルタ 1 3 1 により得られる高域輝度信号 YH は、ある着色領域から別の着色領域 (無着色を含む) へ変化する境界線部分では、バンドパスフィルタ 1 3 1 のステップ応答が現れてしまう。

【0 2 3 5】例えば、白色の領域と黄色の領域が接する直線エッジは、直線であるはずがギザギザしたエッジとなる。これは、輝度信号 Y のエッジに、乱れが生じて、ギザギザした成分が含まれてしまうためである。このギザギザした成分は、図 1 7 中の破線付近の周波数成分である。この画質劣化となるギザギザした成分を取り除くには、バンドパスフィルタ 1 3 1 の高域のカットオフ周波数 (破線) を低域に下げるか、あるいは高域のカットオフ特性を緩やかにして破線付近の周波数成分のゲインを下げる必要がある。

【0 2 3 6】しかしながら、どちらの対処方法も、通常出力画像の輝度信号 Y の高域成分のゲインを下げることで、エッジがぼやけて、シャープさが無くなり、解像度が劣化するというトレードオフの関係にある。したがって、現実的には、エッジ部に現れるギザギザした成分を取り除くことと、解像度の劣化を防止するということを適正に考慮してバンドパスフィルタ 1 3 1 の周波数特性を考えなければならない。また、撮像した通常出力画像を、使用者が二次利用のために編集する際にシャープフィルタやエッジ強調などの高域強調処理を行うと、ギザギザしたエッジが目立つようになってしまい、撮像された画像の利用にも障害が現れ、画像の利用価値は低下してしまう。

【0 2 3 7】これに対し、高解像度モードにおいては、通常モードにおいて見られるギザギザしたエッジは現れない。したがって、カラー撮像装置内にシャープフィルタやエッジ強調などの高域強調処理を施して出力しても、ギザギザしたエッジは現れない。

【0 2 3 8】また、撮像した高解像度出力画像を、使用者が二次利用のために編集する際にシャープフィルタやエッジ強調などの高域強調処理を行っても、ギザギザしたエッジが現れないので、撮像された画像の利用にも障害が無く、画像の利用価値は高い。

【0 2 3 9】ところで、上記の第 1 実施形態のカラー撮像装置においては、空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) は固定のものであったが、高解像度モードでは、図 2 1 に示したように通常モード時に存在した色差信号のモアレのキャリア周波数 ($f_H/2$, $f_V/2$)、($-f_H/2$, $f_V/2$) は、消滅している。従って、空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) によって作用された図 2 1 の破線に示す空間周波数成分のトラップは特に必要ではない。

【0 2 4 0】そこで、本発明の第 2 実施形態のカラー撮像装置では、通常モードでは空間フィルタ 4 0 (或いは

空間フィルタ 6 0) を作用させ、高解像度モードでは空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) を作用させない構成となっている。

【0 2 4 1】空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) を作用させない構成として、ここでは、光学系 1 内に設置される空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) 全体を、光路から機械的に移動させる、つまり着脱させる構成を採用している。

【0 2 4 2】ここでは、撮影モードを切り換えるレバーに連動して、空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) を光路内に移動もしくは着脱させるようになっており、使用者がレバーを切り換えるごとに、撮影モードに応じて空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) が、作用もしくは非作用になる。

【0 2 4 3】このような構成によるカラー撮像装置は、この空間フィルタ 4 0 (或いは空間フィルタ 6 0) によって、($f_H/2$, $f_V/2$)、($-f_H/2$, $f_V/2$) 付近の空間周波数成分が低下しないので、高解像度モードによる撮像にて生成される高解像度出力画像は、高周波数成分のゲインが大きくなる。つまり、高解像度出力画像はより高画質になる。

【0 2 4 4】具体的には、斜め方向に、(3 2) 式で定義される周期 T の斜め縞、つまり斜め方向に白線と黒線とが交互に並んだ斜め縞 (見方によっては白黒の市松模様にも見える) を、第 2 実施形態のカラー撮像装置では再現できるが、第 1 実施形態のカラー撮像装置では、再現できず、実際の自然画像では、斜め方向のエッジがぼやけることが生じ、画質がそこなわれてしまう。

【0 2 4 5】

【数 2 3】

$$T = \sqrt{PH^2 + PV^2} \quad \dots (3 2)$$

【0 2 4 6】また、上記の第 1 および第 2 実施形態 1 のカラー撮像装置は、高解像度モードでは、2 枚の原画像を撮像することが行われるが、この 2 枚の原画像間に光量差があると、高解像度出力画像に市松模様が発生することが知られている。これに対処する光量差補正処理を、既に発明者らは特願平 8 - 3 4 9 1 5 9 号にて提案している。

【0 2 4 7】図 2 2 に示した合成処理回路 1 2 に、この光量差補正処理を組み込む場合は、スイッチ 2 0 5 から出力された R, G, B フィルタ信号に、それぞれローパスフィルタを施す。このような構成にすることにより、1 枚の画像メモリだけしか持たない上記の第 1 および第 2 実施形態 1 のカラー撮像装置でも、光量差補正を行うことができる。

【0 2 4 8】このローパスフィルタは、R, G, B フィルタ信号それぞれの基底帯域を通過帯域とし、その境界線上においてゲインがゼロであることが望ましい。したがって、このローパスフィルタは、2 次元フィルタとな

る。また、ローパスフィルタは直線位相特性であることが望ましい。また、R、G、Bフィルタ信号の場合は、 $fH/2$ にカットオフ周波数をもつ水平方向の1次元ローパスフィルタでもよい。この場合は、垂直方向の解像度を劣化させないという利点がある。また、Gフィルタ信号の場合は、 $fV/2$ にカットオフ周波数をもつ垂直方向の1次元ローパスフィルタでもよい。

【0249】R、G、Bフィルタ信号それぞれに、 $fH/2$ にカットオフ周波数をもつ水平方向の1次元ローパスフィルタを施す場合の光量差補正処理の一例は、(33)式で定義される $f2$ を用いて表すことができる。

【0250】

$$X'(n, m) = \sum_{p=1}^4 X(n, m+p-2) \cdot f2(p) \quad \dots (34)$$

※ $X=R, G, B$

【0253】ここで、 $X(n, m)$ は、補間前のXフィルタ信号の第n行第m列の受光データを表す。また、 $X'(n, m)$ は、補間後のXフィルタ信号の第n行第m列の受光データを表す。

【0254】このようなローパスフィルタを施すことにより、画像のどの部分においても、また、部分ごとに光量差が異なる場合でも、光量差を補正することができる。

【0255】なお、光量差補正処理を追加することにより、図17における破線部分のゲインがゼロになる。例えば(33)式と(34)式により定義される1次元ローパスフィルタによる光量差補正処理では、破線のうちで水平方向Hの空間周波数が $fH/2$ である空間周波数成分のゲインがゼロになる。したがって、光量差補正処理によって、垂直解像度の低下は無いが、水平解像度の低下が発生してしまう。しかし、通常モードで発生したようなギザギザしたエッジが発生しないため、(33)式で定義されるような1次元ローパスフィルタよりももっとカットオフ特性の急峻で、破線付近の周波数成分のゲインの高いフィルタも適応することができ、水平解像度の低下を小さくすることもできる。

【0256】

【発明の効果】本発明の請求項1記載のデータ補間処理方法は、以上のように、それぞれ複数のデータ群からなり、局所的な領域にて相関のある第1および第2のデータ系列において、第1のデータ系列の欠落したデータを求める際、該欠落データと同じ位置にある第2のデータ系列のデータに、第1のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求める構成である。

【0257】本発明の請求項2記載のデータ補間処理方法は、請求項1記載の構成において、上記のローパスフィルタ処理が、第1のデータ系列の場合は求めるべきデ

【数24】

$$f2 = \frac{1}{8} (-1 \quad 5 \quad 5 \quad -1) \quad \dots (33)$$

【0251】このローパスフィルタ $f2$ は、1行4列の行列として表される1次元ローパスフィルタである。第p列の要素を $f2(p)$ として表すと、この1次元ローパスフィルタ $f2$ により、光量差補正処理は、(34)式で計算できる。

【0252】

【数25】

ータの位置に隣接する2つのデータの平均をとり、第2のデータ系列の場合は求めるべきデータと同じ位置に隣接する2つのデータの平均をとる構成である。

【0258】本発明の請求項3記載のデータ補間処理方法は、請求項1又は2記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された2種類の受光データ群である構成である。

【0259】本発明の請求項4記載のデータ補間処理方法は、請求項3記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された2枚の画像を重ね合わせて得た、第1の色フィルタの受光データ群と、第2の色フィルタの受光データ群とである構成である。

【0260】また、本発明の請求項5記載のデータ補間処理回路は、以上のように、複数のデータ群からなるデータ系列の欠落したデータを補間するデータ補間処理回路において、欠落データを有する第1のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第1のローパスフィルタ処理手段と、上記の第1のデータ系列と局所的な領域において相関のある第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理する第2のローパスフィルタ処理手段と、第1のデータ系列における欠落したデータと同じ位置にある第2のデータ系列のデータに、第1のデータ系列のデータ群のローパスフィルタ処理した値を加算する加算手段と、該加算手段の計算値から、第2のデータ系列のデータ群をローパスフィルタ処理した値を減算する減算手段とを備えた構成である。

【0261】本発明の請求項6記載のデータ補間処理回路は、請求項4記載の構成において、上記の第1ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータの位置に隣接する2つのデータの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施し、上記の第2ローパスフィルタ処理手段は、求めるべきデータと同じ位置に隣接する2つのデ

タの平均をとることでローパスフィルタ処理を実施する構成である。

【0262】本発明の請求項7記載のデータ補間処理回路は、請求項5又は6記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、カラー撮像装置において異なる色フィルタ配列により受光された2種類の受光データ群である構成である。

【0263】本発明の請求項8記載のデータ補間処理回路は、請求項7記載の構成において、上記の第1および第2のデータ系列が、異なる結像位置において撮像された2枚の画像を重ね合わせて得た、第1の色フィルタの受光データ群と、第2の色フィルタの受光データ群とである構成である。

【0264】本発明の請求項9記載のカラー撮像装置は、撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が1画素だけ異なる2枚の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら2枚の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー撮像装置において、上記画像合成処理回路に、上記請求項8に記載のデータ補間処理回路が備えられている構成である。

【0265】本発明の請求項10記載の画像合成処理方法は、イメージシフト動作により得られた複数枚の撮像画像を合成して1枚の合成画像とする画像合成処理方法において、まずは1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積し、その後の2枚目以降は、画像を撮像するたびに、画像メモリに蓄積された画像と、撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び画像メモリに上書きして蓄積する工程を繰り返す構成である。

【0266】本発明の請求項11記載の画像合成処理回路は、イメージシフト動作により得られた複数枚の撮像画像を合成して1枚の合成画像とする画像合成処理回路において、1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、2枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えている構成である。

【0267】本発明の請求項12記載のカラー撮像装置は、撮像素子の結像面における結像位置を移動させるイメージシフト動作を実施して、結像位置が異なる複数の撮像画像を得て、画像合成処理回路にて、これら複数の撮像画像を結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて合成画像を生成するカラー撮像装置において、上記画像合成処理回路が、1枚目に撮像された画像を上書き可能な画像メモリに蓄積する手段と、2枚目以降の撮像が行われるたびに、上記画像メモリに蓄積された画像を読み出して撮像された画像とを

合成処理し、該合成処理した画像を再び上記画像メモリに上書きする手段とを備えている構成である。

【0268】本発明の請求項13記載のカラー撮像装置は、複数の色彩光にそれぞれ対応し、入射される被写体からの画像光のうちの対応する色彩光だけを個別的に通過させる複数の透光領域を有し、該透光領域が2次元平面上に配列された色フィルタであって、透光領域は、第1～第3の色彩光を通過させる第1～第3透光領域に区分され、第1および第2透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線状に配列された第1群と、第1および第3透光領域が一方方向に沿って第1周期で直線上に配列された第2群とが、一方方向と直交する他方方向に沿って第2周期で交互に、かつ、第1群の第1透光領域に第3透光領域が他方方向の両側に隣接するように配列された色フィルタと、上記色フィルタの透光領域に個別に対応した受光領域が、透光領域の配列と同等の配列で2次元平面上に配列され、各受光領域では対応した透光領域を通過した色彩光だけを受光し、各受光領域の受光量を示す画素データから構成される画像信号を出力する撮像素子と、上記撮像素子に入射される画像光の結像位置を、基準位置である第1移動位置と、第1移動位置から一方方向に第1周期の長さだけ相互にずれた第2移動位置に相対的に移動させる移動手段と、上記撮像素子から出力された2つの画像信号を撮像時の結像位置の離反量だけ位置の移動方向とは逆方向にずらして重ね合わせて、撮像素子からは得られなかった第2または第3色彩光に対応する画素データを求めて合成画像信号を生成する画像合成手段と、撮像が開始されると、移動手段によって画像光の結像位置を第1および第2移動位置のいずれか一方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与え、次いで移動手段によって結像位置をいずれか他方位置に移動させ、該移動位置において撮像素子に画像光を撮像させて画像信号を画像合成手段に与える制御手段とを備え、かつ、上記画像合成手段が、撮像素子からは得られなかった第2または第3の色彩光に対応する画素データを、該画素データと同じ位置にある第1色彩光に対応する画素データに、該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第2または第3色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を加算し、さらに該画素データと同じ位置を通る一方方向に沿って配列された第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理した値を引くことにより求める構成である。

【0269】本発明の請求項14記載のカラー撮像装置は、請求項13の構成において、第1回目に撮像された画像信号を蓄積し、第2回目の撮像に同期して蓄積した画像信号を出力し、出力した領域に画像合成手段から出力された合成画像信号を上書きして蓄積する画像メモリをさらに備えた構成である。

【0270】本発明の請求項15記載のカラー撮像装置は、請求項13または14の構成において、上記画像合成手段が、第1色彩光に対応する画素データ群をローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データの位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施し、第2および第3色彩光に対応する画素データ群のローパスフィルタ処理する際は、求めるべき画素データと同じ位置に隣接する2つの画素データの平均をとることで処理を実施する構成である。

【0271】上記請求項1～9、13に記載した構成により、隣接する3画素において、3画素とも受光データの存在する同一種類の画素データと、中間の位置には受光データが存在せず両端の画素位置には受光データが存在する別種類の画素データがあるデータ系列では、中間の位置の受光データを、モアレの発生を抑制して求めることができる。

【0272】したがって、例えば、前述の従来技術の項で述べた、本願出願人が先に提案しているカラー撮像装置における、高解像度モード時の画像を合成する処理に供することで、モアレを消滅させることが可能となる。これにより、基底帯域内に存在するキャリア周波数 $(0, fV/2)$ の色差信号のモアレを消滅させることが可能となる。

【0273】したがって、合成画像信号の基底帯域の水平方向の実質の幅が拡大すると共に、垂直方向の実質の幅が拡大し、その結果、このような単板式のカラー撮像装置においては、水平解像度だけでなく垂直解像度の向上を得ることができるという効果を奏する。

【0274】しかも、モアレの抑制を、例えば加算器とビットシフトだけの簡単な回路構成で実現できるため、消費電力が低く安価で小型のカラー撮像装置を実現できる。

【0275】特に、上記請求項2、6に記載した構成では、求めるべきデータの位置、或いは該データと同じ位置に隣接する2つのデータの平均をとってローパスフィルタ処理を行うようになっている。上記ローパスフィルタ処理としては、隣接する4つのデータから計算する方法もあるが、このような方法に比べ、2つのデータの平均をとる方法の場合、計算に用いるデータ数が少ないので、処理速度が速く、回路規模が小さいといった利点がある。

【0276】請求項10～12の構成により、画像メモリの容量は、原画像もしくは高解像度出力画像の1枚分だけでよく、2枚分以上の容量を必要としない。その結果、このような画像合成処理回路を備えたカラー撮像装置では、画像メモリの容量が少なく済み、コスト削減が図れるという効果を奏する。

【0277】請求項17記載のカラー撮像装置は、請求項13又は14記載の構成において、上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段

と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる固定空間フィルタをさらに含む構成である。

【0278】この構成により、原画像信号から生成された通常出力画像信号を出力する一方モードと、2枚の原画像信号から合成画像信号を生成して出力する他方モードとの2つの解像度のモードが実現する。この場合、合成画像信号を生成するモードでは、モアレが発生しないので、このモアレを目立たなくするための光学的ローパスフィルタである空間フィルタを設ける必要がない。

【0279】したがって、空間フィルタは、原画像信号をそのまま出力するモードでのモアレを目立たなくするものだけでよく、また、一方モードに適合させた空間フィルタでよく、他方モードではその空間フィルタをそのまま適用することができ、可変機構を必要としない固定のものでよい。そのため、切り替えるのに時間を要せず、すばやく切り替えることができる。また、切り替えるごとに可変機構を動作させることがないために、耐久性がある。その結果、安価で小型のカラー撮像装置を実現できる。

【0280】請求項18記載のカラー撮像装置は、請求項13又は14記載の構成において、上記移動手段における結像位置の移動を許容または禁止する移動判定手段と、撮像素子に入射される画像光の空間周波数成分を減衰させる可変空間フィルタであって、撮像位置の移動が禁止されるときに空間周波数成分を第1の減衰量だけ減衰させ、許容されるときは画像光の光路から除去される可変空間フィルタをさらに含む構成である。

【0281】これにより、空間フィルタが光路から抜脱される可変空間フィルタの構成としているため、可変空間フィルタの問題は解決することはできないが、合成画像信号を出力するモードでの画像が請求項17の構成よりも画質が良いといった効果を奏する。

【0282】本発明の請求項16記載のカラー撮像装置は、請求項14の構成において、上記画像合成手段が、画像メモリから出力された画像信号と撮像素子から出力された画像信号とを重ね合わせた後に、3種類の色彩光に対応するそれぞれの画素データごとに、2回の撮像間の光量差に基づいて発生する空間周波数成分を取り除く、ローパスフィルタからなる光量差補正手段を有する構成である。

【0283】これにより、2枚の原画像間に光量差が生じる場合でも、1枚の画像メモリしかないカラー撮像装置においても、ローパスフィルタを施すことにより光量差を補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態であるカラー撮像装置における、合成処理回路の垂直色モアレ抑制処理を示す模式図である。

【図2】上記のカラー撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図3】撮像素子の結像面の様子を示す説明図である。

【図4】高解像度モードでの撮像素子の結像面における画像光の第1および第2結像位置の位置関係を示す説明図である。

【図5】色フィルタの透光領域の配列を示す説明図である。

【図6】レンズ群、イメージシフト機構の屈折板、および撮像素子の位置関係を示す説明図である。

【図7】イメージシフト機構の具体的構成を示す斜視図である。

【図8】空間フィルタの具体的構成を示す斜視図である。

【図9】(a)(b)はそれぞれ、図8の空間フィルタを構成する2枚の複屈折板の分離ベクトルをHV平面に投影した状態を示す説明図である。

【図10】別の具体的構成である空間フィルタを示す斜視図である。

【図11】(a)(b)(c)はそれぞれ、図10の空間フィルタを構成する3枚の複屈折板の分離ベクトルをHV平面に投影した状態を示す説明図である。

【図12】図8の空間フィルタを通過して4本に分離した光線の位置関係を示す説明図である。

【図13】図8の空間フィルタおよび図10の空間フィルタの空間周波数特性を示す説明図である。

【図14】通常出力画像信号の輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す空間周波数平面図である。

【図15】上記カラー撮像装置における信号処理回路の構成を示すブロック図である。

【図16】色フィルタの透光領域の配列のうち6行4列で構成される一部分を示す説明図である。

【図17】図15の信号処理回路に備えられたバンドパスフィルタの空間周波数特性を示す空間周波数平面図である。

【図18】図17のバンドパスフィルタの水平方向のフィルタ特性を示す模式図である。

【図19】図17のバンドパスフィルタの垂直方向のフィルタ特性を示す模式図である。

【図20】2枚の原画像信号を重ね合わせた画像の等価的な色フィルタ配列パターンを示す図である。

【図21】2枚の原画像信号を重ね合わせた画像の等価的な色フィルタ配列の輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す空間周波数平面図である。

【図22】上記カラー撮像装置における合成処理回路の構成を示すブロック図である。

【図23】(a)～(c)は、空間周波数成分(0, $f_v/2$)をもつ画像を撮像した際に発生する色差信号のモアレを消去できることを示す模式図である。

【図24】図22の合成処理回路のさらに詳しい構成を示すブロック図である。

【図25】先願の色フィルタの透光領域の配列を示す説明図である。

【図26】先願のカラー撮像装置における高解像度モードでの撮像素子の結像面における画像光の第1および第2結像位置の位置関係を示す説明図である。

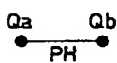
【図27】先願のカラー撮像装置における通常出力画像信号の輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す空間周波数平面図である。

【図28】先願のカラー撮像装置における高解像度出力画像信号の輝度信号および色差信号のモアレのキャリア周波数を示す空間周波数平面図である。

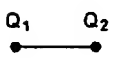
【符号の説明】

- 1 光学系
- 2 撮像素子
- 5 画像メモリ
- 6 信号処理回路
- 8 駆動回路
- 12 合成処理回路(画像合成手段)
- 15 色フィルタ
- 22 イメージシフト機構
- 206 垂直色モアレ抑圧処理回路(データ補間処理回路)

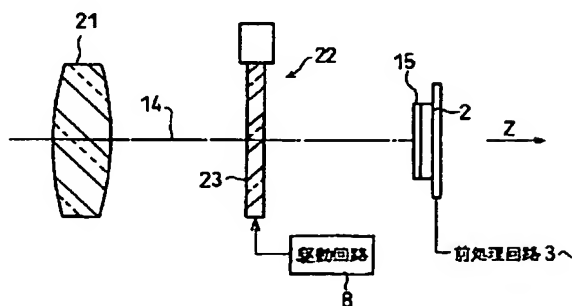
【図4】



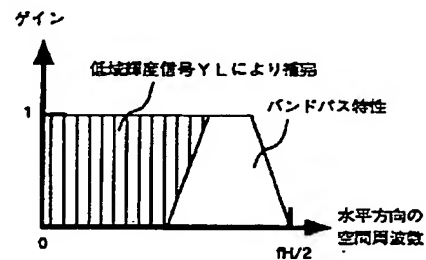
【図26】



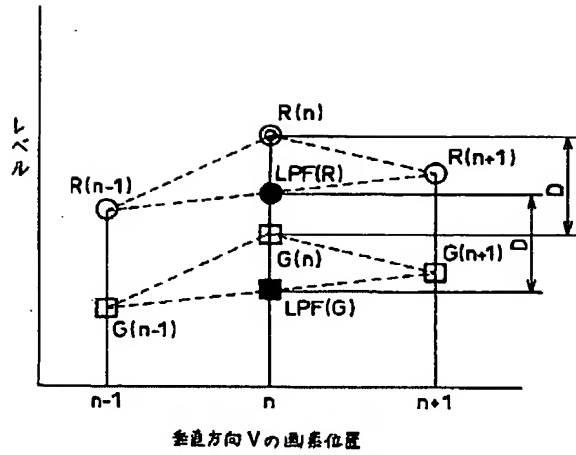
【図6】



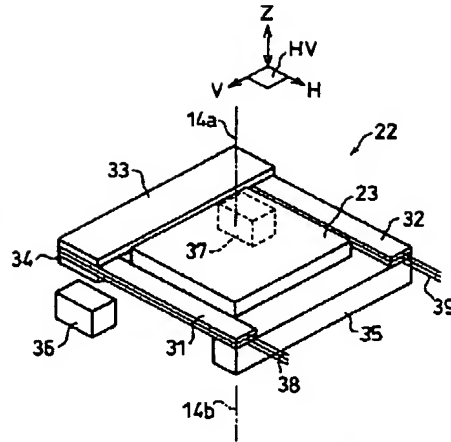
【図18】



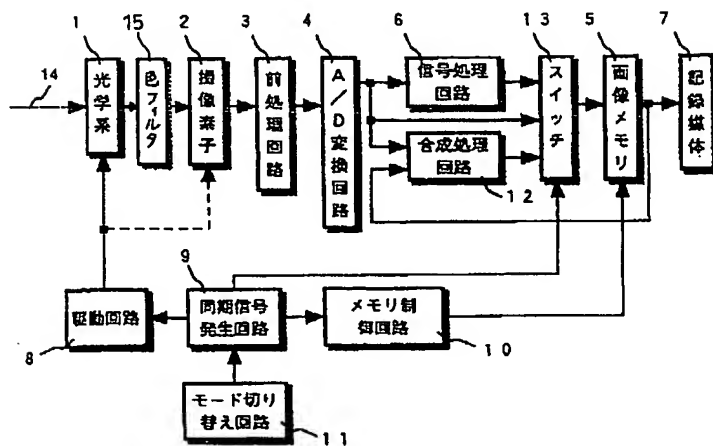
【図1】



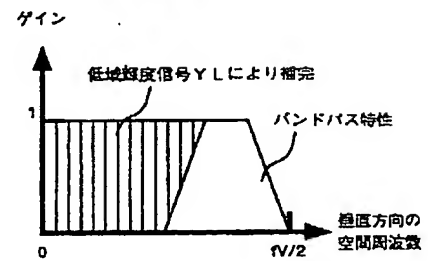
【図7】



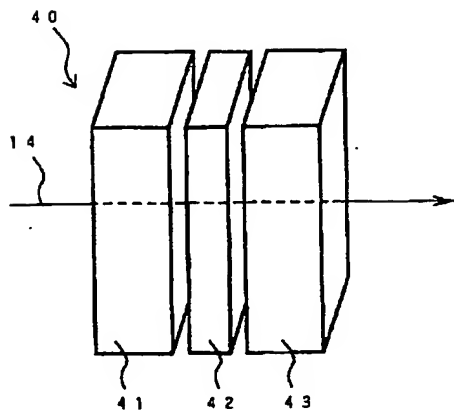
【図2】



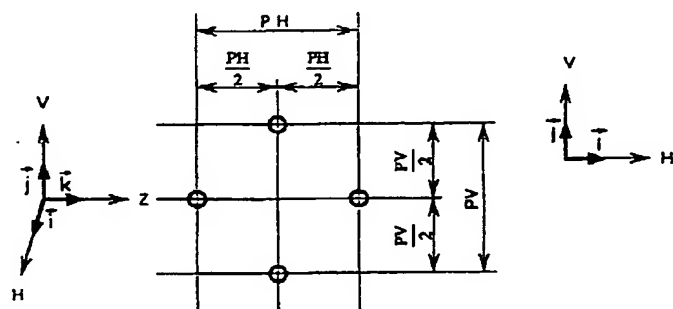
【図19】



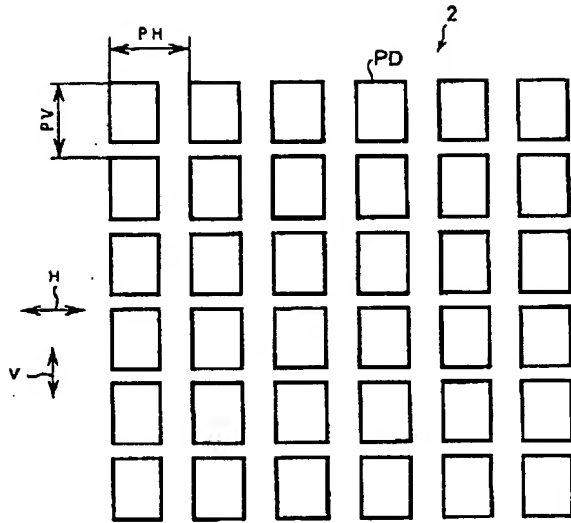
【図8】



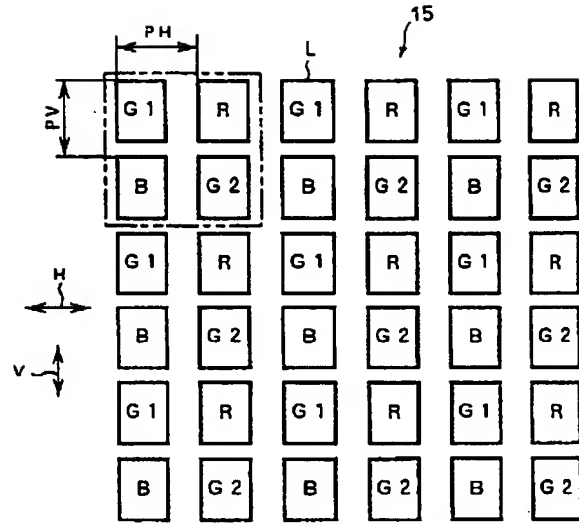
【図12】



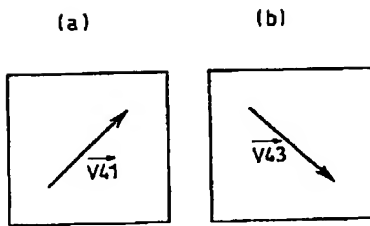
【図3】



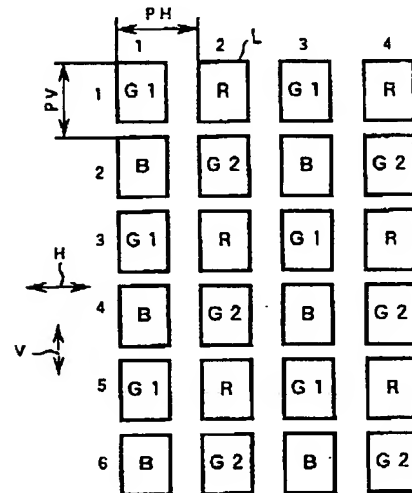
【図5】



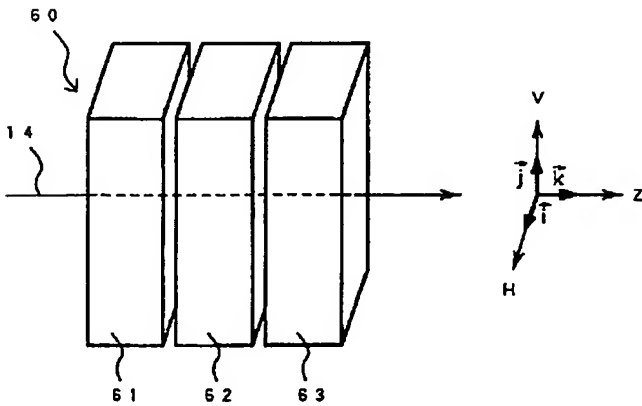
【図9】



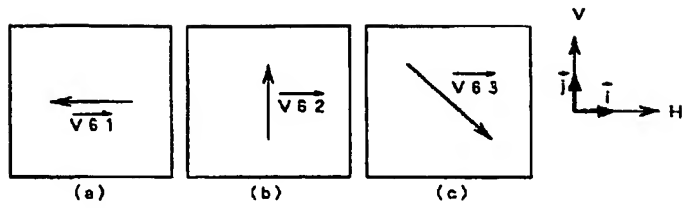
【図16】



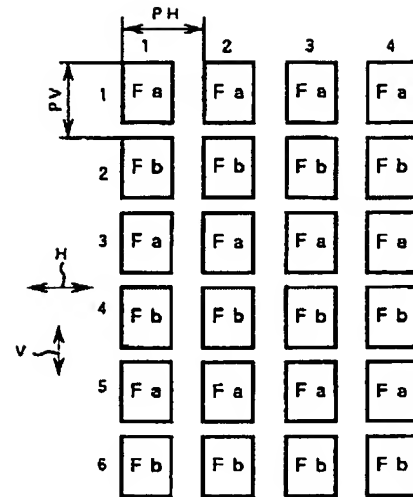
【図10】



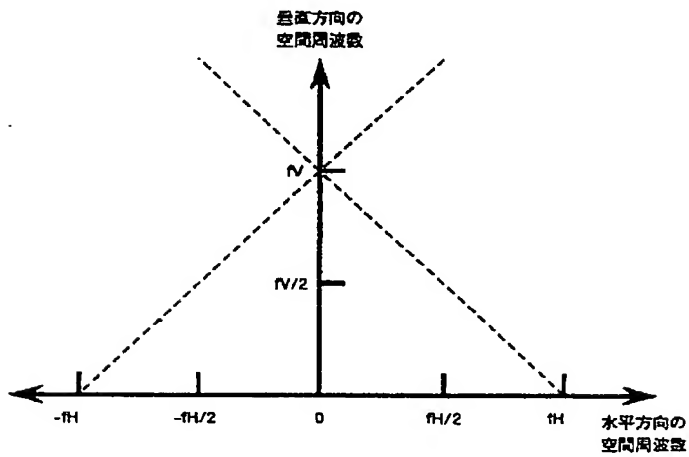
【図 1 1】



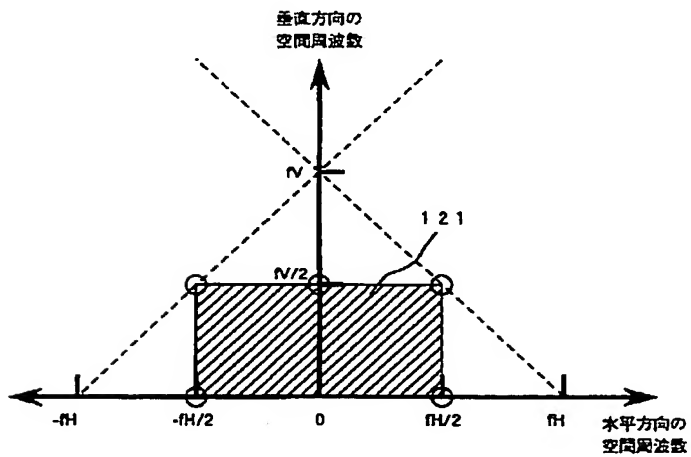
【図 2 0】



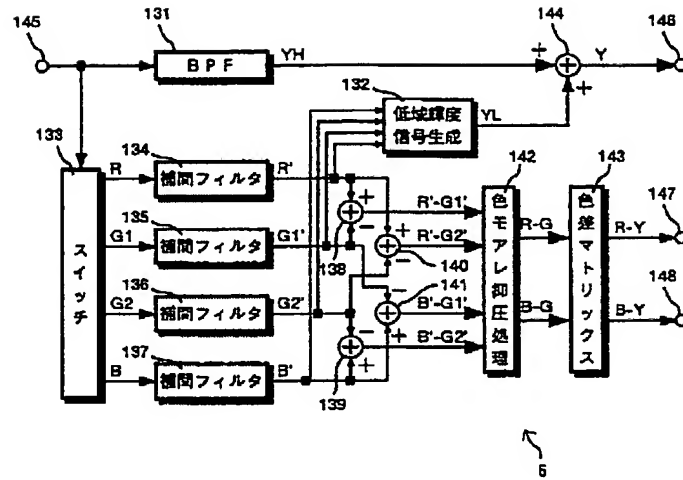
【図 1 3】



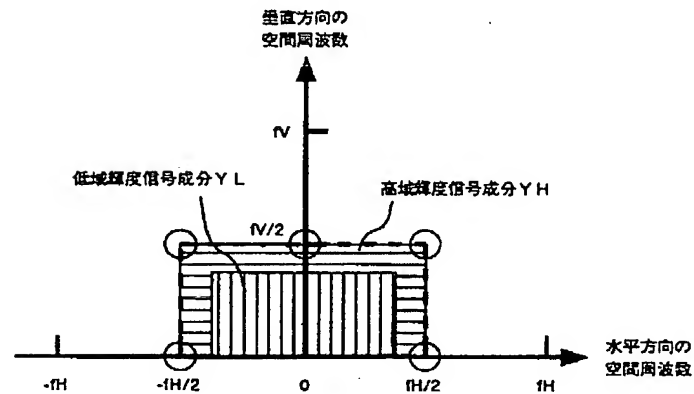
【図 1 4】



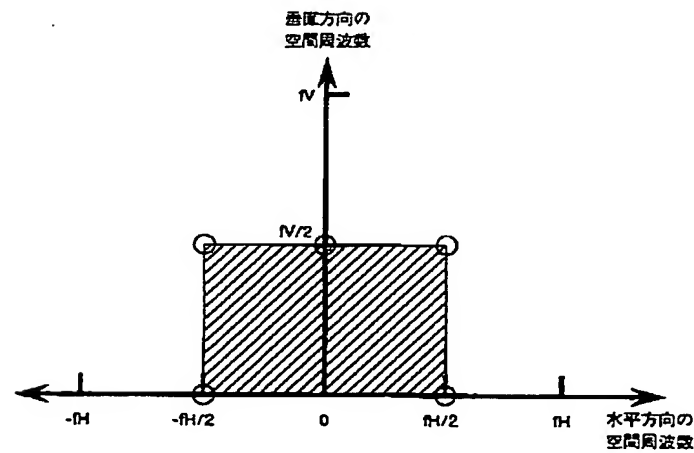
【図 15】



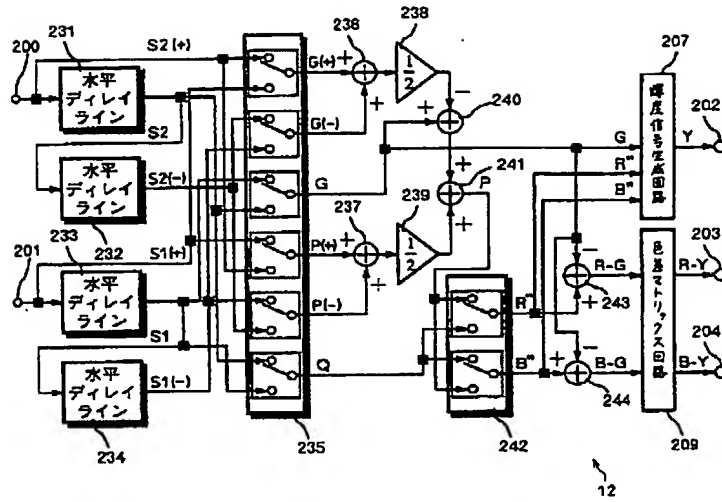
【図 17】



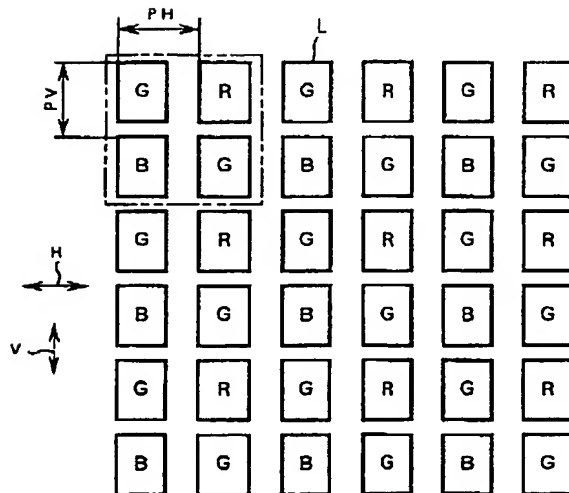
【図 27】



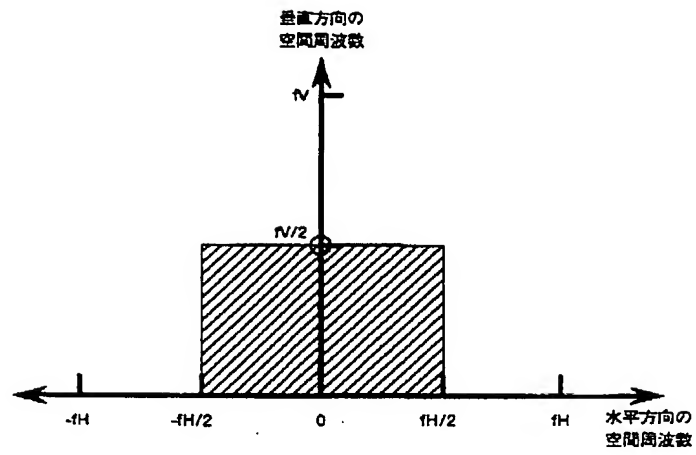
【図24】



【図25】



【図 28】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.